

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES



**“CAPTURA DE CARBONO DE TRES ESPECIES DE BAMBÚ
NATIVO EN ECOSISTEMAS DE SAN MARTÍN Y UCAYALI”**

Presentada por:

DAVID JESÚS ESPEJO BRICEÑO

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO
MAGISTER SCIENTIAE EN CIENCIAS AMBIENTALES**

Lima – Perú

2024

Tesis David Espejo

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	docplayer.es Fuente de Internet	4%
2	www.slideshare.net Fuente de Internet	3%
3	1library.co Fuente de Internet	3%
4	repositorio.unu.edu.pe Fuente de Internet	2%
5	elmaquinante.blogspot.com Fuente de Internet	2%
6	www.bambooftheamericas.org Fuente de Internet	2%
7	repositorio.iiap.gob.pe Fuente de Internet	2%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 2%

Excluir bibliografía

Activo

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES

**“CAPTURA DE CARBONO DE TRES ESPECIES DE BAMBÚ
NATIVO EN ECOSISTEMAS DE SAN MARTÍN Y UCAYALI”**

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO

MAGISTER SCIENTIAE

Presentada por:

DAVID JESÚS ESPEJO BRICEÑO

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Ph.D. Haline Heidinger Abadía

PRESIDENTE

Ph.D. Héctor Gonzales Mora

ASESOR

Mg.Sc. Armando Aramayo Bazzetti

MIEMBRO

Ph.D. Zulema Quinteros Carlos

MIEMBRO

DEDICATORIA

A mi MADRE, la mujer que me dio la vida, y que gracias a sus consejos como docente me han servido para seguir adelante en mi tesis.

A mi PADRE, que desde el cielo me ilumina siempre por el camino del bien común.

A mi AMADA ESPOSA, compañera inseparable y asesora en muchos de mis proyectos personales, y más aún en esta sustentación de mi tesis de maestría, gracias por siempre estar detrás de mí, siendo mi sustento en lo académico, laboral y familiar.

A mis HIJOS, que son mi motivación para seguir adelante y demostrarles que, a pesar de mi trabajo como Oficial del Ejército, en los lugares más alejados de nuestro Perú, si se puede sustentar una tesis de maestría.

Al Dr. Enrique Gonzales Mora, gracias a sus sabios consejos y correcciones sobre mi tesis he logrado alcanzar y consolidar una muy buena tesis, muchas gracias Doctor

A DIOS nuestro Señor Jesucristo, que, sin Él, NO somos nada, Gracias Señor Jesucristo por cuidarme y guíame por el camino del bien, haciendo un trabajo profesional, que quedará en nuestra querida Universidad.

AGRADECIMIENTO

Estoy agradecido por la oportunidad que me dio la Universidad Nacional Agraria La Molina para aprobar mi Tesis. Mi Casa de Estudios la cual afianzó y cimentó mis conocimientos en Ingeniería Ambiental.

Así mismo al director del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana sede Ucayali, Ing Msc Manuel Revilla Chávez, por confiarme el proyecto de tesis “CAPTURA DE CARBONO DE TRES ESPECIES DE BAMBÚ NATIVO EN ECOSISTEMAS DE SAN MARTÍN YUCAYALI”, teniendo la oportunidad de demostrar mis conocimientos aprendidos.

Como NO, mencionarte Amor, Amor como siempre nos decimos, ya que sin tu apoyo y ayuda en esta gran labor, fue muy importante, ya que estuviste en los momentos más críticos y tormentosos, siempre ayudándome, definitivamente no fue fácil terminar este proyecto, sin embargo, Tu siempre estuviste allí, alentándome a seguir adelante mi vida.

Muchas gracias Amor, Amor.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Los bambués.....	3
2.2 Distribución geográfica de los bambués.....	4
2.3 Distribución geográfica del bambú en el Perú.....	5
2.4 Género Guadua.....	6
2.4.1 <i>Guadua superba</i> Huber	6
2.4.2 <i>Guadua weberbaueri</i> Pilger.....	7
2.4.3 <i>Guadua lynnclarkiae</i> Londoño	7
2.5 Cambio climático.....	8
2.5.1 Emisiones de GEI en el Perú.....	8
2.5.2 Captura de dióxido de carbono	9
2.5.3 Reducción de emisiones por deforestación y Degradación (REDD).....	11
2.5.4 Efectos sobre la fenología de las plantaciones	13
2.5.5 Emisión de gases de efecto invernadero.....	14
2.5.6 Emisiones de dióxido de carbono.....	14
2.5.7 Dióxido de carbono en el Perú.....	15
2.5.8 Reportes del IPCC – Riesgos – 2022	16
2.5.9 Captura de dióxido de carbono	17
2.5.10 Sumideros de dióxido de carbono	18
2.6 Biomasa y obtención de energía	19
2.6.1 Principales tipos de biomasa (Estable et al., 2010)	20
2.6.2 Ventajas y desventajas en el uso de la biomasa	21
2.7 El rol del bambú frente a la captura de carbono	23
2.7.1 Investigaciones con bambú en el Perú.....	24

2.8 Ecuaciones alométricas.....	25
2.9 Tratamiento estadístico de datos.....	26
2.9.1 Análisis de componentes principales (ACP).....	26
2.9.2 Análisis paramétrico en diseño completo al azar (DCA).....	27
2.9.3 Análisis paramétrico en diseño de bloques completo al azar (DBCA).....	28
III. MATERIALES Y MÉTODOS	30
3.1 Ubicación del estudio.....	30
3.2 Materiales y equipos	31
3.3 Métodos.....	33
3.3.1 Cuantificación de la biomasa aérea	33
3.3.2 Ecuaciones alométricas para biomasa y carbono	36
3.3.3 Muestreo de carbono en el suelo	37
3.3.4 Cálculo de la densidad aparente del suelo	38
3.3.5 Cálculo del porcentaje de COS	39
3.3.6 Análisis estadístico	39
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
4.1 Biomasa de bambú de bambú cuantificada	41
4.2 Materiales y equipos.....	43
4.2.1 Bosques de <i>Guadua lynnclarkiae</i>	43
4.2.2 Bosques de <i>Guadua superba</i>	44
4.2.3 Bosques de <i>Guadua weberbaueri</i>	46
4.3 Análisis del porcentaje de carbono orgánico del suelo (COS)	49
4.4 Análisis en toneladas de carbono de los reservorios en relación a los	
bambús nativos.....	53
V. CONCLUSIONES.....	59
VI. RECOMENDACIONES.....	60
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
VIII. ANEXOS.....	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de las zonas de trabajo de campo	31
Tabla 2. Ecuaciones alométricas utilizadas para bosques tropicales con presencia de bambú nativo	37
Tabla 3. Resumen de los datos de muestreo en los tipos de bosque	41
Tabla 4. ANVA para la variable carbono secuestrado	42
Tabla 5. Prueba de comparación múltiple de medias de Tukey para el reservorio de Carbono	43
Tabla 6. Porcentaje promedio de carbono del suelo con respecto a las especies: <i>G. lynnclarkiae</i> (PL), <i>G. weberbaueri</i> (PW), <i>G. superba</i> (PS)	50
Tabla 7. Resultado de la prueba de Kruskal Wallis respecto al porcentaje promedio de carbono del suelo con las especies de bambús en investigación	50
Tabla 8. Resultado de la prueba de mínimos cuadrados de las medias ajustados para la comparación múltiple de Bonferroni, para la variable % de carbono de los suelos entre las tres especies de bambús en estudio por mitigación.....	51
Tabla 9. Indicativo real de bosques nativos de las tres especies de bambú	52
Tabla 10. Tabla comparativa igualando cantidad de individuos	53
Tabla 11. Valores promedio en toneladas por hectárea (tC/ha) de las fuentes del reservorio de carbono en relación a los bambús nativos	54
Tabla 12. Resultado del análisis con la prueba no paramétrica: Friedman.....	55
Tabla 13. Prueba de mínimos cuadrados luego de la significación de los tratamientos (guadua) en la prueba de Friedman	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Zonas productoras de bambú	5
Figura 2. Emisiones totales de GEI en el Perú.....	9
Figura 3. Salvemos a la majestuosa Amazonia.....	11
Figura 4. Los cinco países que más emiten comparadas con el resto del mundo. Evolución de la concentración de CO ₂ en la atmósfera	14
Figura 5. Emisiones de CO ₂ ™ en términos per cápita (1970-2019) - Alianza del Pacifico	16
Figura 6. Obtención directa e indirecta de la energía de la biomasa	21
Figura 7. Modelo de casa de bambú.....	25
Figura 8. Zonas de muestreo de tres especies de bambú nativo, departamentos de San Martín y Ucayali, Perú.....	31
Figura 9. Fotografía en la Zona de Muestreo con los Materiales, Equipos e Instrumentos. (Tomada: Centro Poblado Túpac Amaru, distrito Manantay, provincia Coronel Portillo y departamento Ucayali 2021).....	32
Figura 10. Transecto con troncos caídos, solo se mide el diámetro en la intersección	35
Figura 11. Diseño de la parcela de muestreo de carbono.....	36
Figura 12. Horizontes de suelo estudiados y su profundidad.....	38
Figura 13. Carbono total por depósitos en los tres bosques de bambú nativo.....	42
Figura 14. Carbono total por depósitos en los bosques de <i>Guadua lynnclarkiae</i>	44
Figura 15. COS por profundidad en los bosques de <i>Guadua lynnclarkiae</i>	45
Figura 16. COS por profundidad en los bosques de <i>Guadua superba</i>	46
Figura 17. COS por profundidad en los bosques de <i>Guadua superba</i>	48
Figura 18. Comparativo de las 3 especies de bambú, resultando PS y PL estadísticamente (P. min. Cuadr.) mejor que PW en “secuestrar” el % de carbono en el suelo	49
Figura 19. La prueba de normalidad no se cumple, valor P (Probabilidad) 0.005 es menor al alphas 0.05.....	51

Figura 20. Mayor depósito de carbono en relación a las guaduas nativas en	
Estudio.....	54
Figura 21. Mayor depósito de Carbono en relación a las guaduas nativas en estudio.....	56

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Fotografías	77
Anexo 2. Datos de muestreo de suelo en relación a las especies de bambú	79
Anexo 3. Análisis de variancia en DCA	80
Anexo 4. Pruebas de normalidad y homogeneidad variancias.....	82
Anexo 5. Prueba de Kruskal Wallis	89
Anexo 6. Datos de las 15 parcelas	95
Anexo 7. Prueba de Friedman	96
Anexo 8. Gráficos de la contaminación en el mundo	101

RESUMEN

El índice de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera ha aumentado sin cesar desde los inicios de la era industrial. Como es uno de los gases de efecto invernadero más importantes, el carbono atmosférico es el principal factor del calentamiento del clima. El Protocolo de Kyoto y otras iniciativas recientes tratan de desacelerar ese calentamiento, y en especial se han fijado el objetivo de que la industria, cambie muchos métodos de contaminación y efectuemos una debida mitigación del cambio climatológico. A través de la “captura de carbono en el sector forestal”, debido al manejo sustentable de los bosques mediante estrategias de forestación y reforestación, se captura CO₂ atmosférico a través de la fotosíntesis durante el crecimiento de la biomasa vegetal, implicando así una disminución en las concentraciones de CO₂; tal es el caso de nuestras tres especies de bambú nativo, como se ha desarrollado en la presente tesis. Así mismo se ha podido determinar a través de ecuaciones alométricas, para poder estimar el contenido de biomasa total y la captura de dióxido de carbono en plantaciones de tres especies de bambú nativo *Guadua superba*, *lynnclarkie* y *weberbaueri*, en las regiones de Ucayali y San Martín”; por lo que se ha realizado los siguientes estudios para determinar la captura de carbono en la biomasa total de las tres especies de bambú nativo siendo 76.31 tC/ha; en la necromasa de las tres especies de bambú nativo se determinó la captura de carbono de 31.03 tC/ha. Como carbono orgánico del suelo de las tres especies de guadua logrando la captura de carbono de 183.56 tC/ha, abajo del suelo. Se logró determinar a través de las ecuaciones alométricas para estimar la captura de carbono en la biomasa, necromasa y carbono orgánico del suelo de estas tres especies de bambú nativo, la cantidad de 290.90 tC/ha, en bosques naturales, determinando así el nivel de reforestación con bambú en áreas degradadas.

Palabras clave: Guadua, bambú, mitigación, captura de carbono, cambio climático, *Guadua superba*, *Guadua lynnclarkie*, *Guadua weberbaueri*.

ABSTRACT

The level of carbon dioxide (CO₂) in the atmosphere has increased steadily since the beginning of the industrial era. As one of the most important greenhouse gases, atmospheric carbon is the main factor in climate warming. The Kyoto Protocol and other recent initiatives try to slow down this warming, and in particular they have set the objective that the industry changes many pollution methods and carries out due mitigation of climate change. Through “carbon capture in the forestry sector”, due to the sustainable management of forests through afforestation and reforestation strategies, atmospheric CO₂ is captured through photosynthesis during the growth of plant biomass, thus implying a decrease in CO₂ concentrations; such is the case of our three native bamboo species, as developed in this thesis. This thesis project has been able to determine through allometric equations, and thus be able to estimate the total biomass content and carbon dioxide capture in plantations of three species of native bamboo *Guadua superba*, *lynnclarkie* and *weberbaure*, in the regions of Ucayali and San Martin"; Therefore, the following studies have been carried out to determine the carbon capture in the total biomass of the three species of native bamboo, being 76.31 tC/ha; In the necromass of the three native bamboo species, carbon capture of 31.03 tC/ha was determined. As organic carbon from the soil of the three species of guadua, achieving carbon capture of 183.56 tC/ha, below the ground. It was possible to determine, through allometric equations to estimate the carbon capture in the biomass, necromass and organic carbon of the soil of these three species of native bamboo, the amount of 290.90 tC/ha, in natural forests, thus determining the level of reforestation with bamboo in degraded areas.

Keywords: Guadua, bamboo, mitigation, carbon capture, climate change, *Guadua superba*, *Guadua lynnclarkie*, *Guadua weberbaueri*.

GLOSARIO DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS

ACP: Análisis de componentes principales.

CAC: La captación y el almacenamiento de dióxido de carbono (CO₂) constituyen un proceso consistente en la separación del CO₂ emitido por la industria y fuentes relacionadas con la energía, su transporte a un lugar de almacenamiento y su aislamiento de la atmósfera a largo plazo.

CMNUCC: La Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, adoptada en 1992 y que entró en vigor en 1994, ha sido ratificada por 195 países. (Partes de la Convención).

CO₂eq: El equivalente de CO₂ o equivalente de dióxido de carbono, es una medida en toneladas de la huella de carbono. Huella de carbono es el nombre dado a la totalidad de la emisión de gases de efecto invernadero. La masa de los gases emitidos es medida por su equivalencia en dióxido de carbono.

DAP: El diámetro a la altura de pecho (abreviado DAP, o DBH por sus siglas en inglés, diameter at breast height) es un método estándar de expresar el diámetro del tronco de un árbol. El DAP es una de las medidas dendrométricas más comunes.

ENBCC: Estrategia Nacional de Bosques y Cambio Climático.

GEI: Gas de Efecto Invernadero es un gas que absorbe y emite radiación dentro del rango infrarrojo. Este proceso es la fundamental causa del efecto invernadero. Los principales GEI en la atmósfera terrestre son el vapor de agua, el dióxido de carbono, el metano, el óxido nitroso y el ozono.

GG CO₂ EQ: Giga gramos de Dióxido de carbono

INGEI: Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero.

INRENA: El Instituto Nacional de Recursos Naturales es un órgano público descentralizado del Ministerio de Agricultura.

IPCC: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

NAL: La Biblioteca Nacional de Agricultura (en inglés) es la fuente principal de información e investigación sobre agricultura.

POWO: Web de las Plantas del Mundo Online (<https://powo.science.kew.org/>).

POACE: Es el nombre científico de la Gramineae, entre sus especies más destacadas están la caña de azúcar, el trigo, el arroz, el maíz, el sorgo, la cebada, la avena y el bambú.

REDD: Reducción de emisiones por la deforestación de los bosques y degradación forestal.

REDD+: Conservación, gestión sostenible de los bosques y el aumento de las reservas forestales de carbono.

REDD++: La reducción de emisiones de todos los usos del suelo.

REDD++: La reducción de emisiones de todos los usos del suelo.

TFTA: Tierras forestales a tierras agrícolas.

USCUSS: Sector uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura.

I. INTRODUCCIÓN

La captura de carbono se presenta como una de las acciones colectivas de mayor importancia en la historia de la humanidad, es así que el desarrollo económico y la política climática van de la mano con las proyecciones de las emisiones de gases efecto invernadero (Thomas et al., 2014).

De acuerdo a Salgado (2004), en 1992 la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) consideró a las actividades forestales como actividades a tomar en cuenta para el control, la reducción y/o la prevención de emisiones antropogénicas de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

De acuerdo al Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2005), uno de los posibles mecanismos para la absorción de dióxido de carbono (principal GEI), es la forestación y reforestación, que actúan como sumideros de dióxido de carbono. Además, se estima a nivel mundial, que la forestación y reforestación, junto a la regeneración de bosques y al desarrollo de la agro-silvicultura contribuirá con la captura del 12% al 15% de los gases para el 2050.

El potencial de los ecosistemas forestales puede ser aprovechado por el departamento de Ucayali, que cuenta con 8.7 millones de hectáreas de bosques, los cuales representan aproximadamente el 85% de su superficie, un aproximado de 10'241,055 ha, y de ellos el 30.61% son bosques que presentan grandes poblaciones de bambúes silvestres, conocidos como "pacaes" (Goreu, 2008 citado por García-Soria y Del Castillo, 2013).

Los bambúes nativos o silvestres pertenecen al género *Guadua*, siendo que el 45% de sus especies son de origen amazónico (Castaño y Moreno, 2004). Estas especies tienen la particularidad de crecer a gran velocidad, existiendo algunas capaces de desarrollar brotes con diámetros que sobrepasan los 18 a 22 cm y los 20 m de altura a las ocho semanas (Malleux, 2009).

Debido al acelerado crecimiento, una hectárea de bambú puede capturar 40% más CO₂ que una hectárea de coníferas o eucaliptos en 10 ó 14 años (González, 2007 citado por Revilla, 2019), siendo, por esta razón, que se identifica a los bambúes nativos como una de las principales plantas en la lucha contra el cambio climático (Kumar et al., 2005; Das y Chaturvedi, 2006; Nath y Das, 2008).

OBJETIVO GENERAL

Demostrar que la captura de carbono en los ecosistemas de Ucayali y San Martín son significativos en sus 3 especies de bambú nativo: *Guadua weberbaueri pilg.*, *Guadua lynnclarkiae londoño* y *Guadua superba huber*.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Estimar las reservas de carbono acumulado en la biomasa aérea de los ecosistemas naturales de Ucayali y San Martín, de las *Guadua weberbaueri pilg.*, *Guadua lynnclarkiae londoño* y *Guadua superba huber*.
2. Estimar las reservas de carbono acumulado en la necromasa de los ecosistemas naturales de Ucayali y San Martín, de las de *Guadua weberbaueri pilg.*, *Guadua lynnclarkiae londoño* y *Guadua superba huber*.
3. Estimar las reservas de carbono acumulado en el suelo de los ecosistemas naturales de Ucayali y San Martín, de las *Guadua weberbaueri pilg.*, *Guadua lynnclarkiae londoño* y *Guadua superba huber*.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Los bambúes

El bambú es considerado una de las especies de más antigüedad de la historia, data de la época de los dinosaurios, hace unos 250 millones de años, además posee una diversidad de usos, desde su fibra, hasta para las construcciones, calificándolo como el “acero verde”, por poseer excelentes propiedades tanto físicas y mecánicas (Gonzales, 2018).

Londoño (2002), indica que, taxonómicamente los bambúes son plantas que pertenecen a la familia de las gramíneas, comprendiendo está siete subfamilias, siendo los bambúes pertenecientes a las Bambusoideae. Esta subfamilia comprende seis tribus: Bambuseae, Olyreae, Phareae, Streptochaeteae, Streptogynea y Parianeae. Para cada una de estas tribus se tienen subtribus, para la tribu Bambuseae existen un total de nueve sub tribus, cuatro del Viejo Mundo: Bambusinae, Nastinae, Shibataeinae y Schizostachydiae, cuatro del Nuevo Mundo: Arthrostylidiinae, Chusqueinae, Guaduinae y Neurolepidinae y, una perteneciente a ambos: Arundinariinae.

En el Perú la tribu Bambuseae cuenta con las subtribus Chusqueinae (género Chusquea), subtribu Neurolepidinae (género Neurolepis), subtribu Arthrostyudinae (géneros Aulonemia, Riphidocladum y Merostachys), subtribu Guaduinae (género Guadua); la tribu Olyreae (géneros Olyra, Parodiolyra, Cryptochloa, Lithachne y Piresia); tribu Phareae (género Pharus); tribu Streptochaeteae (género Streptochaeta); tribu Streptogyneae (género Streptogyna); tribu Parianeae (género Pariana) (Tovar, 1993). Gamarra et al., (2002), reconoce 8 géneros para la tribu Bambuseae para la flora peruana: Guadua, Arthrostilidium, Arundinaria, Merostachys, Chusquea y Neurolepis.

2.2 Distribución geográfica de los bambúes

Hidalgo (2003), señala que alrededor del mundo existen aproximadamente 1600 especies de bambú distribuidos en 121 géneros (25 herbáceos y 96 leñosos). Geográficamente, estas especies se encuentran en el trópico, subtropico y áreas templadas de todos los continentes, excepto Europa donde no hay especies nativas, siendo la distribución continental aproximada la siguiente: 67% en Asia y Oceanía;3% en Africa y30% en América.

Tovar (1993), menciona las Bambusoideae se ubican casi en su totalidad en la llanura amazónica, y solo pocos géneros, como *Chusquea*, *Neurolepis* y *Rhipidocladum*, se encuentran en el bosque perennifolio nublado (ceja de montaña), además, añade que, en el Perú, bajando hacia el oriente, específicamente a la cuenca amazónica, se hacen presentes géneros típicos de la selva alta nublada (ceja de montaña), de la tribu Bambuseae como: *Chusquea*, *Neurolepis*, *Rhipidocladum* y *Aulonemia*. En la llanura amazónica por debajo de 350 m de altitud aproximadamente, los géneros: *Guadua*, *Piresia*, *Cryptochloa*, *Pariana*, *Streptogyna*, etc.

Según Gamarra et al. (2002), *Arthrostilidium*, con 20 especies en América Tropical, en el Perú son dos las endémicas; *Aulonemia* Goudot, con 30 especies que provienen de las regiones calidad de Asia, África y América, siete vegetan en el Perú y tres son endémicas; *Bambusa* Schreb., presenta 120 especies de las Regiones Tropicales y Subtropicales de Asia, África y América, dos vegetan en el Perú; *Chusquea* Kunth, con más de 100 especies extendidas desde México hasta Chile y Argentina y desde el nivel del mar hasta las nieves perpetuas; diecinueve vegetan en el Perú, siendo 10 endémicas. *Guadua* Kunth, con 28 especies en América Tropical y Subtropical, cinco vegetan en el Perú, cubriendo estas especies un bosque con una extensión aproximada de 180000 km² en el sudoeste amazónico, extendiéndose desde cerca de la frontera con Bolivia en el sur hasta Pucallpa en el norte, y desde los Andes en el oeste hasta el estado brasileño de Acre en el este (Silman et al., 2003); *Merostachys* Spreng. Género con cerca de 40 especies de los bosques tropicales de América del Sur. En el Perú solo se conoce uno; *Neurolepis* Meisn, con 9 especies que se distribuyen desde México hasta Sudamérica tropical (Venezuela, Trinidad y Perú).

En el sur oeste de la Amazonía, predomina una especie de bambú, conocido como “paca”, perteneciente al género *Guadua*, con una gran diversidad de especies (MINAM, 2008).

2.3 Distribución geográfica del bambú en el Perú

El bambú, se ha extendido por todo el territorio del Perú, a excepción de la Región Ancash, según (MINAM, 2008). Siendo los géneros presentes, los siguientes: *Arthostylidium*, *Aulonemia*, *Bambusa*, *Chusquea*, *Dendrocalamus*, *Elytostachys*, *Gigantochloa*, *Guadua*, *Merostachys*, *Neurolepis*, *Phyllostachys*, *Rhipidociadum*, según el mapa de distribución de especies nativas y exóticas del bambú basados en estudios preliminares (Takahashi y Ascencios, 2003).

En los departamentos de Ucayali, Madre de Dios, Cusco y Junín, la presencia de los bambúes se presenta en bosques naturales a diferencia del resto de departamentos, logrando abarcar grandes extensiones (39,978 km²) con densidades que oscilan de 30% a 70% preliminares (Takahashi y Ascencios, 2003). Las regiones de Amazonas, San Martín, Cajamarca, en menor cantidad y por último Tumbes y Piura.

ZONAS PRODUCTORAS BAMBÚ EN EL PERÚ



Figura 1.
Zonas productoras de bambú en el Perú.

Fuente: Gonzáles (2005).

2.4 Género *Guadua*

El género de la *Guadua*, son plantas de la familia de las Poaceas, un tipo de bambú. La *Guadua* crece en todos los países de Iberoamérica, aunque también podemos encontrarla en buena parte de los países del continente asiático, este tipo de bambú (*Guadua*) alcanza una altura final de entre 20 y 30 mts. Existen unas treinta especies asociadas a esta familia, hoy en día es llamado «acero vegetal».

Algunos de los beneficios de este tipo de bambú:

- Recoge el gas carbónico, con lo que purifica el aire y lo vuelve más sano.
- Controla la erosión de los terrenos.
- Aumenta el caudal hídrico de los barrancos.
- Protege las cuencas.
- Es utilizado en la Construcción de viviendas (Arquitectura).

Además, el género *Guadua* es una especie de bambú gigante perfecto para la construcción de muebles, camas, sillas, mesas, así como también otros usos menos comunes, como la fabricación de instrumentos, bicicletas y otros (Bambugigante.com, 2022).

2.4.1 *Guadua superba* Huber

Pertenece a la familia de Poaceae Barnhart. Tiene 3 sinonimias: *Bambusa superba* (huber) McClure; *Bambusa tessmannii* (Pilg.) McClure y *Guadua tessmannii* pilg. (POWO 2019).

El hábito de esta especie, es en bosque primario con *Marantaceae*, bambúes, helechos, palmeras; presenta forma típica y natural asumida por la parte aérea, está ligada directamente a su sistema rizomático y su crecimiento (New York Botanical Garden, 2019).

Descripción; grupos de hasta 12 m de altura; los culmos erectos, arqueados en la punta, con una capa de gelatina blanda dentro de la madurez; nuevos culmos

de color verde opaco, cubiertos de finos pelos blancos adpresos. Espinas en los nodos inferiores pocas, simples, que faltan arriba. Nodos con banda blanca debajo. Las ramas florecen, pero también hay muchos brotes nuevos y hojas nuevas (POWO, 2019).

2.4.2 *Guadua weberbaueri pilger*

La especie *Guadua weberbaueri* tiene el sinónimo botánico *Bambusa weberbaueri* y su nombre común es “marona” o “paca”, y se distribuye en toda la Amazonía en la región húmeda tropical (Arancibia, 2017).

Londoño (2002), lo describe como un bambú espinoso. Posee rizoma paquimorfo con cuello corto y/o elongado. Culmo erecto en la base, apicalmente apoyante o arqueado, de color verde blanquecino cuando joven, diámetro 5-7 cm, altura 3-10 m. Ramificación intravaginal, inicialmente una rama central dominante y luego desarrolla 2 ramas secundarias laterales; la ramacentral puede desarrollarse con diámetros gruesos como el culmo principal y crecer paralela al eje central. Sus principales usos son: construcción (corrales, albergues), canastos, además de elemento decorativo en paredes (Londoño, 2010).

2.4.3 *Guadua lynnclarkiae londoño*

Ha sido identificada como una especie de *Guadua* para el registro de bambúes en el Perú. Conocida como “Marona”, no tolera, áreas inundables, son muy escasas las poblaciones de esta especie, por daños a los bosques para conversión a actividades agrícolas. Su principal medio de desarrollo es en soto bosques: piperáceas, heliconias, convolvuláceas, *Costuss* sp., melastomatáceas, helechos, ciperáceas, iracas y gramíneas (Arancibia 2017).

Guadua Lynnclarkiae se reporte para el noroccidente del Perú, en el departamento de San Martín, en donde entre 400 y 850 m.s.n.m. La densidad de

culmos por hectárea llegó a 7000 culmos por hectárea (planta con edad de 5 años y logrando 15 cm de diámetro), presenta rizoma paquimorfo de 20 a 40 cm de longitud; culmos de (18-) 20-27 de altura, (6) 9-17 cm de diámetro, erecto en la base y arqueado apicalmente, se caracteriza porque tiene los entrenudos de la porción media del culmo con longitud que oscilan entre 40- 50 cm de longitud (Arancibia 2017).

2.5 Cambio climático

El cambio climático detalla la alteración del clima con respecto a los datos cronológicos de este, a nivel mundial o regional, relacionando diversos parámetros meteorológicos como la temperatura, precipitaciones, presión atmosférica, nubosidad, aumento en el nivel del mar y diferentes ocurrencias de eventos extremos del clima como sequías, inundaciones y tormentas tropicales (Brown et al., 2015). El cambio climático se debe tanto a causas naturales como antropogénicas, sin embargo, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático usa el término "cambio climático" solo para referirse al cambio por causas humanas (Oreskes, 2004).

Así mismo, el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático - IPCC (2007) manifiesta que el aumento de las concentraciones de los GEI causado por la actividad humana, provoca una alteración del flujo de energía radiante en la atmósfera, debido a la absorción de radiación infrarroja terrestre por las moléculas que lo constituyen. El aumento del vapor de agua, gases contaminantes y aerosoles modifica también directa o indirectamente ese flujo radiante, esa alteración, llamado forzamiento radiactivo, es la causa del incremento de la temperatura en la superficie terrestre, con efectos potencialmente letales para la vida en nuestro planeta.

De igual manera, Santamaría (2010) menciona que la complejidad de la respuesta del sistema climático radica en que no solamente se produce un aumento de la temperatura, sino que se modifican otras variables (vapor de agua, albedo, nubes, etc.) las cuales provocan procesos de retroalimentación en el balance radiactivo. Estos procesos pueden ser positivos o negativos, es decir, amplifican o reducen la respuesta térmica del clima.

2.5.1 Emisiones de GEI en el Perú

Según el MINAM (2019) basado en el INGEI 2014, el total de

emisiones/absorciones de GEI fueron 167,630 Gigagramos de dióxido de carbono equivalente (Gg CO₂eq). Tal como se muestra en la gráfica, la principal fuente de emisiones de GEI a nivel nacional proviene del sector Uso de Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura (USCUISS), con 75,345 Gg CO₂eq, que representa el 45%. Dentro de este sector, la principal fuente de emisiones es la conversión de Tierras forestales a Tierras agrícolas (TFTA), con 43,778 Gg CO₂eq.

El segundo sector con mayor emisión de GEI reportada es Energía, con 50,331 Gg CO₂eq, que representa el 30% del INGEI 2014. Dentro de este sector, destaca la fuente de emisión generada por la combustión de combustibles en el sector Transporte, con 17,298 Gg CO₂eq (Inforcarbono, MINAM 2014).

Agricultura es el tercer sector con emisión más alta: 26,233 Gg CO₂eq, que representa el 16% del INGEI 2014. Las emisiones generadas por la fuente suelos agrícolas son las mayores dentro de este sector, con 13,479 Gg CO₂eq, seguido por la fermentación entérica, con 9,317 Gg CO₂eq (Figura 2).

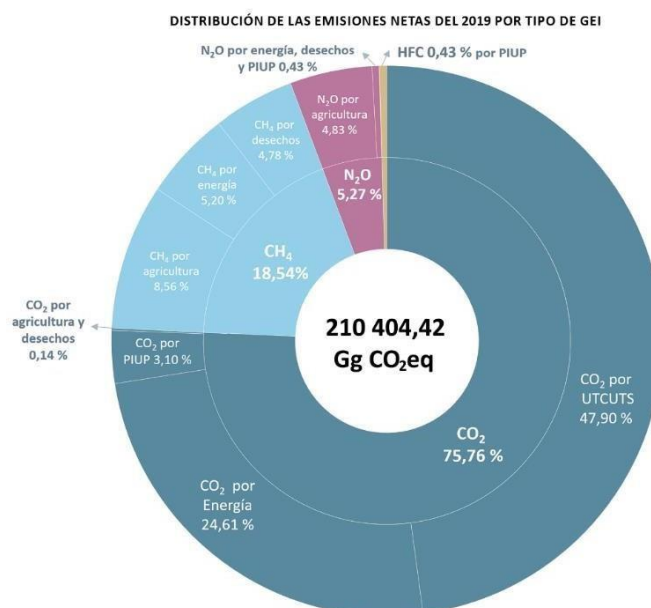


Figura 2.
Emisiones totales de GEI en el Perú.
Fuente: Inforcarbono, MINAM 2019

2.5.2 Captura de carbono

Por mitigación se entiende la aplicación de políticas dirigidas a reducir las

emisiones de GEI y mejorar los sumideros. Es importante aclarar que la captura de carbono incluye la variación y sustitución tecnológica que reduce la utilización de los insumos y las emisiones por unidad de producción. Aunque la aplicación de varias políticas sociales, económicas y tecnológicas conduciría a la reducción de las emisiones en relación con el cambio climático (IPCC, 2007).

Los medios de comunicación como el diario El Comercio (2022), informa que la vasta Amazonía llega a un nivel crítico por el intenso avance del cambio climático. Para tomar acciones urgentes ante la crisis climática, reducir la deforestación, las emisiones y la pobreza en las regiones, se desarrolló la reciente edición de “AmazonTEC2022. En la primera sesión del AmazonTEC2022, desarrollada el 12 de octubre, permitió que expertos de Uruguay, Brasil y Perú, presentaron los últimos avances y aplicaciones tecnológicas para la trazabilidad de productos del bosque garantizando la cero deforestación y degradación de la Amazonía. En la segunda, realizado el 20 de octubre, se mostró los desarrollos tecnológicos y espaciales que están ayudando a comprender mejor el comportamiento de los fenómenos asociados al cambio climático y sus impactos en la Amazonía, así como las herramientas actuales para combatirlos.

Es preciso indicar que en este ámbito la NASA, presenta tecnologías espaciales, para el seguimiento de las variables climáticas, Biomasa e identificación de carbono y muestra las emisiones de GEI y NISAR que ya están generando información clave para la lucha contra el cambio climático. La directora ejecutiva de Conservación Amazónica ha manifestado que la NASA, ha puesto a disposición del mundo a través de sus satélites el monitoreo, de todo esto en sus tres dimensiones (ACCA, 2022).



Figura 3.
Salvemos a la majestuosa Amazonia.
Fuente: El Comercio (2022).

2.5.3 Reducción de emisiones por deforestación y Degradación (REDD)

REDD, significa Reducción de Emisiones de la Deforestación y Degradación de los Bosques.

REDD+, es el acrónimo de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal. El (+) del acrónimo es para reconocer otros esfuerzos para mantener el bosque, como la gestión forestal sostenible, la conservación y el aumento de las reservas de carbono forestal (Pacheco y Cárdenas, 2022).

Los proyectos REDD+, según el concepto adoptado por la Convención del Clima de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), se refieren a un mecanismo que permite recompensar económicamente a los países en desarrollo por sus logros al evitar las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la deforestación y degradación forestal. Los proyectos establecen acuerdos financieros entre quienes previenen la deforestación o conservan el bosque como son los propietarios de tierra, comunidades extractivistas, comunidades indígenas; y, por otro lado, una organización que compra bonos/créditos de carbono. Existen varios protocolos y pasos a seguir para la certificación de estos bonos/créditos que incluyen: hacer una contabilidad de las emisiones que se van a reducir, determinar las fugas, la permanencia, tener claras las salvaguardas socio ambientales, saber cómo se va a hacer el monitoreo, entre otros. Los Proyectos REDD+, generalmente, se llevan a cabo en un área específica, es decir las actividades se realizan solo en el área donde se desarrolla el proyecto, estas áreas pueden ser propiedades

privadas, parques, territorios indígenas u otras unidades de tierra. Estos proyectos suelen ser financiados por entidades del sector privado que buscan compensaciones en el mercado voluntario de carbono.

La ENBCC plantea conceptos y principios claves para la implementación de la REDD+ en el Perú. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC); la misma que ha sido ratificada por el Perú; y vela por la prevención de la alteración del clima a nivel mundial. Uno de los enfoques desarrollados por la CMNUCC es REDD+, que es entendido como “Enfoques de política e incentivos positivos para las cuestiones relativas a la reducción de las emisiones derivadas de la deforestación y la degradación de los bosques en los países en desarrollo; y la función de la conservación, la gestión sostenible de los bosques y el aumento de las reservas forestales de carbono en los países en desarrollo”.

Dado que REDD+ se implementa en tres etapas (preparación implementación y pago resultados) el Perú cuenta con una propuesta de Readiness (R-PP), aprobada en el año 2011 y actualizada en el 2014, forma parte del Forest Carbon Partnership Facility (FCPF) y ha elaborado una nota para un programa de reducción de emisiones de GEI al Fondo de Carbono del FCPF. De igual modo, el Perú es un país piloto para el Programa de Inversión Forestal (FIP) y suscrito Declaración Conjunta de Intención sobre la Cooperación para la Reducción de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero Procedentes de la Deforestación y Degradación de Bosques (REDD+) con Noruega y Alemania (AIDSESP, 2016).

REDD ++, Es determinado por la Reducción de Emisiones por Degradación y Deforestación de las Emisiones de todos los suelos; en la lógica de este esquema REDD ++, las unidades productivas y Agroforestales, que empleen sus sistemas y componentes con mayor producción de Biomasa y consecuentemente, mantiene existencias, más elevadas de carbono, contribuyendo a la mitigación de los efectos del cambio climático y promueven el uso sostenible de los recursos naturales con un mayor bienestar de comunidades rurales.

2.5.4 Efectos sobre la fenología de las plantaciones

Uno de los mayores efectos sobre la vegetación tiene lugar sobre la fenología de las plantas, lo cual está ampliamente documentado y se discutirá más adelante. Existen muy pocas regiones en el planeta donde las condiciones ambientales sean continuamente favorables para todas las funciones de las plantas, ¿Cuál es y será el efecto del cambio climático en ecosistemas tales como los pastizales y matorrales que dominan el Norte de México? Lamentablemente no se sabe y urge conocerlo. A lo largo del año se producen cambios estacionales en el clima y por lo mismo en la disponibilidad de recursos, lo que obliga a las plantas a crear mecanismos de cambio estacional en morfología y fisiología para poder sobrevivir; el estudio de estos mecanismos está fuertemente ligado a la fenología, la cual ha sido definida formalmente como el estudio de la secuencia temporal de eventos biológicos recurrentes, con la finalidad de interpretar las causas bióticas y abióticas de tales secuencias (Lieth, 1974, citado por Alvarado, 2002).

Para esto se han utilizado métodos estadísticos, aunque el uso de plantas comunicadores biológicos se está haciendo más popular, dada su sensibilidad a las condiciones ambientales, ya que las plantas no sólo responden al ambiente, sino que lo predicen y en algunos casos lo anticipan. Las observaciones fenológicas son una valiosa fuente de información para investigar las relaciones entre la variación climática y el desarrollo vegetal. La floración es considerada como una de las etapas fenológicas más sensibles a cambios climáticos. Si nosotros entendemos esta relación, entonces los datos fenológicos nos proporcionarán información adicional acerca de las condiciones climáticas, incluso cuando los datos meteorológicos no estén disponibles o sean inadecuados. Por lo anterior, la fenología ha emergido recientemente como un importante aporte a la investigación ecológica, esto principalmente debido a su probado potencial en la investigación sobre cambio global. El desarrollo tecnológico de los sensores remotos también ha contribuido a su resurgimiento mediante la generación de extensas bases de datos sobre la biósfera y que requieren cuidadosa calibración e interpretación (Crespo Abril, 2017).

El factor principal para concretar la contribución de la fenología en el estudio

del cambio global dependerá del desarrollo sistemático de redes de observación a escala nacional y global en los próximos años, para poder así conocer la fenología actual, y poder determinar la magnitud de los cambios e incluso poder predecirlos.

2.5.5 Emisión de gases de efecto invernadero

Se entiende por reducción de GEI al efecto de las actividades realizadas por el hombre para disminuir sus emisiones producto de las actividades antropogénicas que contribuyan a la captura de carbono frente al cambio climático (IPCC,2007).

2.5.6 Emisiones de CO₂

Las tendencias de las emisiones por país, que más contaminan, según cifras de Global Carbon Project (Matthews, 2020), demuestran un aumento exponencial de estas emisiones desde la época preindustrial. La cantidad 36.000 millones de toneladas de CO₂ se emitieron en todo el mundo en el año 2019. Según estos datos, los países con más emisiones de CO₂ procedentes de combustibles fósiles fueron China, Estados Unidos e India. España se encuentra entre los veinticinco primeros. En la Figura 4, se observa las tendencias de los países citados.

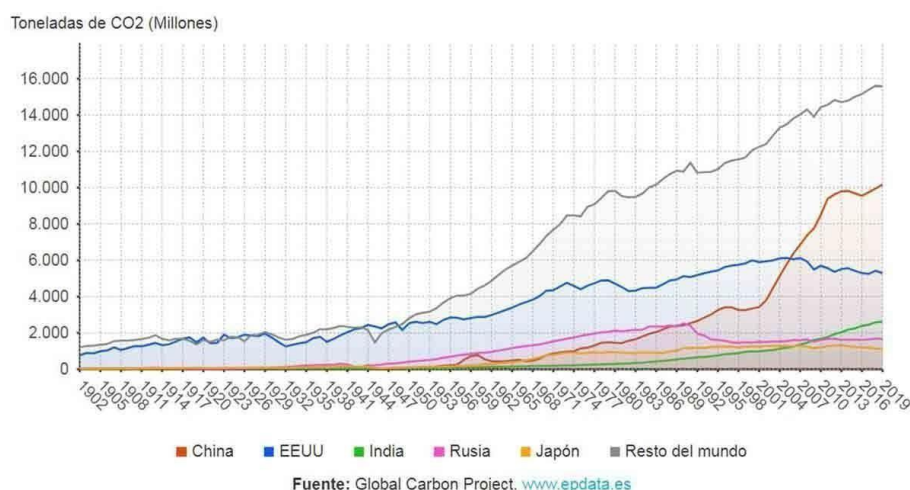


Figura 4.

Los cinco países que más emiten comparadas con el resto del mundo. Evolución de la concentración de CO₂ en la atmósfera.

Los estudios sobre la contaminación y calentamiento global han empleado cifras procedentes de estaciones ubicadas en distintas partes del globo que monitorizan la presencia de gases en la atmósfera (EcoAvant, 2021).

Además, las concentraciones de metano y óxido nitroso han ascendido durante los últimos diez años, según las observaciones de la red de la vigilancia de la Atmósfera Global de la Organización Meteorológica Mundial, que cuenta con estaciones en las regiones remotas del Ártico, en zonas montañosas y en islas tropicales. (WMO, 2019).

2.5.7 CO₂ en el Perú

El Perú en 1990 generaba 20,9 miles de TM de CO₂, nivel de emisiones que aumentó a 56,3 mil TM en 2019. En ese mismo período, el tamaño de la economía peruana creció 261 por ciento y el de su población en 46 por ciento, con lo cual el crecimiento de las emisiones (169%) parece estar más en línea con la evolución del producto que con el de la población *per se*. Un conjunto de estadísticas describe, cuál es el nivel de contaminación que la economía peruana produce en comparación con los países de la Alianza del Pacífico, así como con relación a una serie de economías selectas. También las medidas a las que se ha comprometido el Estado peruano a fin de llevar a que nuestro país sea una economía neutral en carbono hacia el 2050 Chirinos, R. G. 2021 La estadística de contaminación (emisiones de CO₂), expresadas tanto en términos per cápita (aislando el efecto del crecimiento poblacional) como por cada mil US\$ (a precios constantes) de PBI. Bajo esta última métrica se aísla el efecto que el crecimiento económico tiene sobre las emisiones totales y se aprecia si la economía puede volverse más (o menos) eficiente a través del tiempo si genera menos (más) emisiones para la misma unidad de producto. A ese respecto se tiene que, en 1990, por cada US\$ 1 000 generados de PBI se emitía 180 gramos de CO₂ en el Perú, mientras que en 2019 sólo se emitieron 130 gramos, representando una reducción de 28% (Datos macro, 2022).

La Figura 5 muestra esta evolución tanto para el Perú como para el resto de países que conforman la Alianza del Pacífico (Chile, Colombia y México). Se aprecia que México y Chile son los países que más contaminan de acuerdo a esta medida es preciso indicar que el Dióxido de carbono que emiten estos 2 países es por su industrialización, tal cual lo muestra la Figura 5.

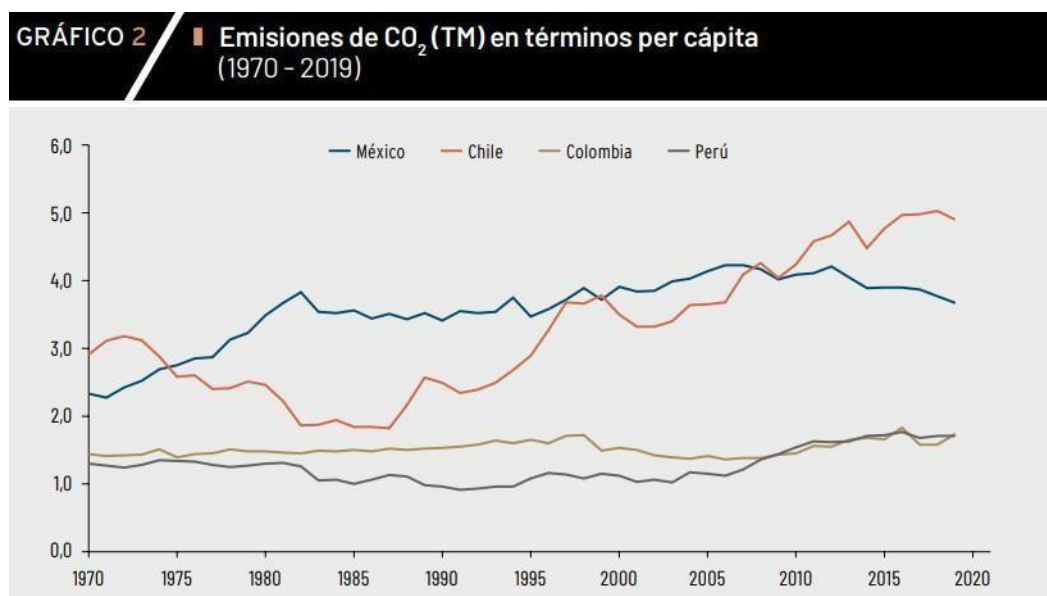


Figura 5.
Emisiones de CO₂TM en términos per cápita (1970-2019) - Alianza del Pacífico

2.5.8 Reportes del IPCC – Riesgos - 2022

El cambio climático, provocado por el hombre, está causando una alteración peligrosa y generalizada en la naturaleza, lo que afecta la vida de miles de millones de personas en todo el mundo, a pesar de los esfuerzos que se han hecho para reducir su impacto. Las personas y los ecosistemas menos capaces de hacer frente a la situación son los más afectados, según afirman los científicos en el último informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), (United Nations Environment Programme, 2022).

La contribución del Grupo de Trabajo II al Sexto Informe de Evaluación del IPCC ofrece una evaluación detallada de los impactos, riesgos y adaptación al

cambio climático en las ciudades, donde vive más de la mitad de la población mundial.

La salud, la vida y los medios de subsistencia de las personas, así como los bienes y las infraestructuras críticas, incluidos los sistemas de energía y transporte, se ven cada vez más afectados por los peligros de las olas de calor, las tormentas, las sequías y las inundaciones, así como por los cambios de evolución lenta, como la subida del nivel del mar.

El informe proporciona una amplia información regional para permitir un desarrollo resistente al clima.

2.5.9 Captura de carbono

En la naturaleza el carbono se halla por doquier: en el agua bajo la forma de compuestos carbónicos disueltos (los carbonatos), y en el aire como dióxido de carbono o anhídrido carbónico. Todos los organismos vivos están constituidos por compuestos de carbono producto de sus procesos metabólicos como crecimiento y desarrollo dado que aproximadamente, el 50% del peso seco de cualquier organismo lo constituye este elemento, se considera como uno de los más importantes para la vida. Para definir la captura unitaria de carbono se estima el carbono contenido en diferentes almacenes (IPCC, 2007).

El ciclo del carbono comienza con la fijación del anhídrido carbónico (CO₂) atmosférico a través de los procesos de la fotosíntesis realizados por las plantas y ciertos microorganismos. En este proceso, el CO₂ y el agua reaccionan para formar carbohidratos y liberar oxígeno a la atmósfera. Parte del carbohidrato se consume directamente para suministrar energía a la planta y el CO₂ así formado, se libera a través de sus hojas o de sus raíces. Otra parte es consumida por los animales que también respiran y liberan CO₂. Las plantas y los animales mueren y son finalmente descompuestos por microorganismos del suelo lo que da como resultado que el carbono de sus tejidos se oxide en CO₂ y regrese a la atmósfera (Ordoñez, 1999).

El IPCC (2005), indica que la captación y el almacenamiento de dióxido de carbono (CAC) forman parte de un proceso consistente en la separación del CO₂ emitido por la industria y fuentes relacionadas con la energía; siendo a largo plazo su transporte, almacenamiento y aislamiento en la atmósfera. Para las medidas de mitigación, se considera la CAC como una opción de estas medidas de mitigación para la estabilización de las concentraciones atmosféricas de GEI.

El carbono fijado o capturado, es una medida que representa el crecimiento de la biomasa. La biomasa total se calcula a partir de las mediciones de los árboles y se realiza una proyección con los datos de la tasa de crecimiento anual (Manson et al., 2008).

Para la cuantificación de carbono fijado existen cinco grupos (Montero et al. 2005):

- Carbono fijado en la vegetación (C_v): Carbono en la biomasa aérea y raíces.
- Carbono en descomposición (C_d): Es el contenido de carbono en la materia en descomposición la cual se deposita sobre el suelo.
- Carbono en el suelo (C_s): Es el carbono que está en los perfiles del suelo y por la descomposición de materia conocida como humus.
- Carbono en productos (C_p): Este se encuentra en productos de madera durante el tiempo que esté en uso.
- Carbono ahorrado por sustitución de combustibles fósiles (C_f): Uso de biomasa para generar energía.

2.5.10 Sumideros de CO₂

La vegetación, en su proceso de crecimiento, atrapa CO₂ del aire para realizar la fotosíntesis, mediante la cual genera biomasa que quedará fijada en sus raíces, tronco, ramas y hojas en forma de carbono (McPherson, 1998). En este proceso, conocido como secuestro de carbono, los árboles ayudan reducir la cantidad de CO₂ que llega a la atmósfera y que agrava el problema del

calentamiento global, a la vez que liberan oxígeno (O₂). A pesar de que todos los tipos de vegetación absorben CO₂, las plantas leñosas, en especial los árboles, son las más eficientes a nivel individual (Jo & McPherson, 1995), por las siguientes razones:

- Mayor cantidad de biomasa: sinónimo de más cantidad de carbono almacenado que requiere una mayor absorción de CO₂.
- Mayor longevidad: Sus largas vidas permiten almacenar el carbono por más tiempo, ya que cuando el elemento vegetal se destruye o descompone el CO₂ regresa a la atmósfera.

La capacidad de captura de CO₂ puede variar debido a que la tasa de crecimiento de la vegetación urbana se ve alterada por el aumento de la temperatura (islas de calor), mayor deposición de nitrógeno y otros contaminantes (Weng & Pataki, 2010). La densidad de los árboles urbanos es más baja (en comparación con los bosques naturales), lo que reduce la competencia entre ellos, cambiando su forma de crecimiento y alometría, lo que permite capturar y almacenar más CO₂ (McHale et al., 2009).

De acuerdo con Torres & Guevara (2007), el manejo apropiado de la vegetación es un mecanismo para la reducción de concentraciones de CO₂ a nivel global, y por consecuencia la captura de CO₂ a través de la vegetación se transforma en una estrategia potencial. La vegetación almacena y libera carbono como resultado de los procesos fotosintéticos, de respiración y de degradación de materia seca, el saldo es una captura neta positiva cuyo monto depende del manejo que se le dé a la cobertura vegetal, así como de la edad, distribución de tamaños, estructura y composición de ésta.

2.6 Biomasa y obtención de energía

En la mayor parte de la historia humana, la biomasa y la energía solar fueron las únicas fuentes de energía térmica utilizadas por el hombre. A lo largo del tiempo y hasta la llegada del carbón, en la Revolución Industrial, la biomasa ha servido para resolver las necesidades

de calor e iluminación, tanto en la vida cotidiana, como en las diversas aplicaciones industriales existentes.

Actualmente, la biomasa continúa teniendo un papel muy importante como fuente de energía renovable y proviene de residuos forestales y/o agrícolas, que son aquellos recursos que se generan directamente en el campo o en la montaña de manera dispersa, para aprovechar la energía (ECOZAP, 2023).

2.6.1 Principales tipos de biomasa (Estable et al., 2010)

Recursos naturales, la principal limitante para este tipo de plantaciones está en la escala, pues se requieren grandes extensiones de tierra para lograr una producción de energía rentable.

Residuos forestales, son una importante fuente de biomasa; de cada árbol extraído para madera, sólo se aprovecha el 20%; el 40% es dejado en el campo, como ramas y raíces, y el otro 40%, como potencial energético, en forma de astillas, corteza y aserrín.

Desechos agrícolas, la agricultura genera cantidades considerables de desechos (rastros): se estima como desechos de campo, más del 60%, y en desechos de proceso, entre 20% a 40%. Ejemplos comunes de este tipo de residuos son el arroz, el café y la caña de azúcar. Los campos agrícolas también son una fuente importante de leña para uso doméstico: más del 50% del volumen total consumido.

Desechos industriales, la industria alimenticia genera una gran cantidad de residuos y subproductos, que pueden ser usados como fuentes de energía, los provenientes de todo tipo de carnes (avícola, vacuna, porcina) y vegetales (cáscaras, pulpa) cuyo tratamiento como desechos representan un costo considerable para la industria. Estos residuos son sólidos y líquidos con un alto contenido de azúcares y carbohidratos, los cuales pueden ser convertidos en combustibles gaseosos.

Desechos urbanos, los centros urbanos generan una gran cantidad de biomasa en muchas formas, por ejemplo: residuos alimenticios, papel, cartón, madera y aguas negras.

En la Figura 6 se observa el esquema de obtención de energía a partir de diferentes tipos de biomasa.

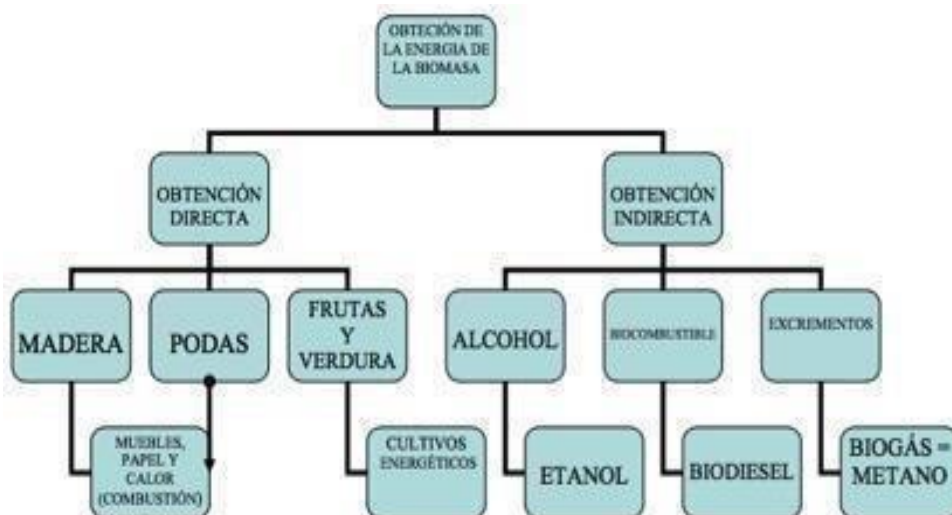


Figura 6.
Obtención directa e indirecta de la energía de la biomasa.
 Fuente: (Estable et al., 2010).

2.6.2 Ventajas y desventajas en el uso de la biomasa

Ventajas

La biomasa es una fuente renovable de energía y su uso no contribuye a acelerar el calentamiento global; de hecho, permite reducir los niveles de dióxido de carbono y los residuos de los procesos de conversión, aumentando los contenidos de carbono de la biosfera. La captura del metano de los desechos agrícolas y los rellenos sanitarios, y la sustitución de derivados del petróleo, ayudan a mitigar el efecto invernadero y la contaminación de los acuíferos. Los combustibles biomásicos contienen niveles insignificantes de sulfuro y no contribuyen a las emanaciones que provocan “lluvia ácida”. La combustión de biomasa produce menos ceniza que la de carbón mineral y puede usarse como insumo orgánico en los suelos. La conversión de los residuos forestales, agrícolas y urbanos para la generación de energía reduce significativamente los problemas que conlleva el manejo de estos desechos (Estable et al., 2010).

La biomasa es un recurso local que no está sujeto a las fluctuaciones de precios de la energía, provocadas por las variaciones en el mercado internacional de las

importaciones de combustibles. En países en desarrollo, su uso reduciría la presión económica que impone la importación de los derivados del petróleo (Estable et al., 2010).

El uso de los recursos de biomasa puede incentivar las economías rurales, creando más opciones de trabajo y reduciendo las presiones económicas sobre la producción agropecuaria y forestal.

Las plantaciones energéticas pueden reducir la contaminación del agua y la erosión de los suelos; así como favorecer el mantenimiento de la biodiversidad (Estable et al., 2010).

Desventajas

Por su naturaleza, la biomasa tiene una baja densidad relativa de energía; es decir, se requiere su disponibilidad en grandes volúmenes para producir potencia, en comparación con los combustibles fósiles, por lo que el transporte y manejo se encarecen y se reduce la producción neta de energía. La clave para este problema es ubicar el proceso de conversión cerca de las fuentes de producción de biomasa, como aserraderos, ingenios azucareros y granjas, donde los desechos de aserrío, el bagazo de caña y las excretas de animales están presentes (Estable et al., 2010).

Asimismo, la combustión incompleta de la biomasa produce materia orgánica, monóxido de carbono (CO) y otros gases. Si se usa combustión a altas temperaturas, también se producen óxidos de nitrógeno. A escala doméstica, el impacto de estas emanaciones sobre la salud familiar es importante (Estable et al., 2010).

La producción y el procesamiento de la biomasa pueden requerir importantes insumos, como combustible para vehículos y fertilizantes, lo que da como resultado un balance energético reducido en el proceso de conversión. Es necesario minimizar el uso de estos insumos y maximizar los procesos de

recuperación de energía (Estable et al., 2010).

Aún no existe una plataforma económica y política generalizada para facilitar el desarrollo de las tecnologías de biomasa, en cuanto a impuestos, subsidios y políticas que cubren, por lo general, el uso de hidrocarburos. Los precios de la energía no compensan los beneficios ambientales de la biomasa o de otros recursos energéticos renovables. El potencial calórico de la biomasa es muy dependiente de las variaciones en el contenido de humedad, clima y la densidad de la materia prima (Estable et al., 2010).

2.7 El rol del bambú frente a la captura de carbono

El bambú representa uno de los más grandes recursos naturales renovables del mundo ya que provee una gran variedad de productos (Ortega & Villareal, 2014). Este se puede utilizar en construcción, antenas de televisión, postes de tendido eléctrico, escaleras, envases, juguetes, muebles, puentes, manualidades y artículos de uso diario, incluyendo la producción de pulpa para la fabricación de papel, además las cañas de bambú verdes ygráciles se utilizan en la gastronomía, como medicina y un sinfín de usos (Alegría, 2013).

En cuanto a su importancia ambiental, entre las tantas bondades, el bambú Guadua y otros bambúes aportan múltiples beneficios desde el punto de vista de incremento de materia orgánica al suelo y protección del recurso Hídrico (Deras, 2003). Su rápido crecimiento y desarrollo le permite aportar al suelo entre 2 y 4 Mg/ha/año de biomasa, que constituye entre el 10 y el 14% de la totalidad de material vegetal que se genera en un guadua y que cumple un importante papel al contribuir a enriquecer y mejorar la textura y estructura del suelo (Montiel & Sánchez, 2006), sin dejar de lado la alta capacidad de generación de biomasa por tratarse de especies de rápido crecimiento traducido a una alta capacidad de secuestro de carbono (Giraldo & Sabogal, 1999).

El bambú tiene la capacidad como cualquier especie forestal de almacenar carbono, mediante la captura de CO₂, esto lo realiza por medio de la fotosíntesis, y almacena en tejidos de manera que mientras siga en pie y como producto ya sea rollizo o elaborado, pudiendo capturar hasta 54 toneladas C/ha en un periodo de 6 años (Riaño et al., 2002) en Colombia, hasta unas 110 toneladas C/ha en 10 años en Bolivia (Rojas, 2009). En China de la especie bambú *moso* encontraron incrementos de 20,85 Mg/ha-1 (Fu, 2001). La captura de carbono y el aumento del reservorio de carbono, no se restringe al material comercial o aéreo, ya que el rizoma sigue extendiéndose en el terreno, incrementando aún más este reservorio de manera más eficiente que un árbol, ya que, al ser cosechado la caña, el rizoma permanece para dar seguimiento a los ciclos de crecimiento (Cruz, 2009). A nivel general existen pocos estudios de incrementos de carbono en la biomasa del bambú.

En México, Cruz (2009) realizó lo que parece ser el estudio más completo en cuanto a captura de carbono mediante plantaciones de *Guadua angustifolia*. En este se presentan datos de plantaciones de 7 años de edad, con mediciones durante todos los años y en distintos compartimentos de la planta (parte aérea, raíces, rizomas y ramas), en el mismo se reporta un potencial de captura de 149,9 toneladas de carbono a los 7 años.

2.7.1 Investigaciones con bambú en el Perú

El Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) ha desarrollado, en la región Ucayali y San Martín, un paquete tecnológico de propagación clonal (reproducción vegetativa) y el establecimiento de plantaciones de tres especies de bambúes nativos con fines de captura de carbono e industrialización para contribuir con la conservación y cuidado del medio ambiente.

Barreto (2022) señala, que el bambú debe ser impulsado a través de 4 ejes temáticos. el primero se relaciona con el cultivo, donde se promueve al bambú su diversidad, así como las buenas prácticas que permiten su desarrollo sostenible. El segundo eje está enfocado a la temática de conocer los niveles

de gobernanza y el fomento de instrumentos de planificación y gestión alrededor del recurso a nivel global. El tercer eje está dirigido al uso del bambú, y su rol en la búsqueda de soluciones a los problemas, de acceso a viviendas dignas, ciudades verdes – urbanismo, planificación urbana y servicios básicos orientados con el bienestar humano; en la Figura 7 se observa un modelo de vivienda construido enteramente con bambú. El último eje, está relacionado con el emprendimiento con bambú, para suministrar productos y procesos para el desarrollo industrial.



Figura 7.
Modelo de casa de bambú.
Fuente: Domokiit (2020).

2.8 Ecuaciones alométricas

Se utilizan las ecuaciones alométricas para cada especie en cada lugar con la finalidad de hacer un cálculo más preciso de la captura del carbono (Gonzales, 2022).

Las ecuaciones alométricas se basan en la definición de “alometría”, la cual se refiere al estudio de la tasa de crecimiento de una parte de un organismo en relación a la tasa de crecimiento de todo el organismo, y el cambio resultante en la proporción de varias partes a medida que el organismo crece (NAL, 2021). Se define como modelo alométrico a ecuaciones matemáticas que utilizan una variable de fácil medición, tal como: la altura total y DAP, con los cuales se permite estimar la biomasa, carbono, etc. Segura & Andrade (2008).

Asimismo, Sanquetta et al. (2001) corroboran que hay varios tipos de modelos alométricos que estiman la biomasa con ayuda de las variables. De igual manera, muchos estudios dan credibilidad que el DAP predice la biomasa y es la variable fundamental que mejor se adapta. Además, en los inventarios forestales es en donde se encuentra el DAP, siendo una variable de fácil medición.

Así mismo, una ecuación alométrica es una herramienta matemática, que calcula la biomasa forestal con apoyo de las variables de la altura, diámetro, longitud de copa, etc. Por consiguiente, esta ecuación es construida a partir de los análisis de regresión, es decir, de las relaciones entre la masa y las dimensiones del árbol. Además, la ecuación alométrica es extrapolable a casos similares Rüginitz et al. (2009).

De igual manera, McDicken (1997), menciona que el modelo alométrico o ecuación alométrica de regresión lineal es un proceso que consiste en llevar a escalas logarítmicas a las variables, lo cual maximiza la validación estadística y simplifica los cálculos; para que sean construidas estas ecuaciones se necesita como mínimo de 30 árboles como muestra representativa.

Ruiz (2013) indica que, el cálculo de una ecuación alométrica es de forma simple. Los modelos alométricos son creadas en función de los análisis de regresión, en donde son analizadas las relaciones entre los datos dimensionales (altura, diámetro) y la masa (peso seco) de los árboles.

Más específicamente, Araújo et al. (1999) y Saldarriaga et al. (1988) afirman que los modelos o ecuaciones alométricas predicen la cantidad de biomasa bajo un análisis de regresión, las variables usadas en el campo son como la densidad específica de la madera, área basal, crecimiento diamétrico, altura total (ht), altura comercial (hc) y DAP.

2.9 Tratamiento estadístico de datos

2.9.1 Análisis de componentes principales (ACP)

El ACP forma parte del análisis multivariado, el cual se remite al estudio de vectores de variables aleatorias correlacionadas (Seber, 1984). Este análisis

utiliza un conjunto de técnicas estadísticas que analizan simultáneamente más de dos variables en una muestra de observaciones, con lo cual se estudia, interpreta y elabora el material estadístico sobre la base de un conjunto de $n > 1$ variables, que pueden ser de tipo cuantitativo, cualitativo o una mezcla de ambos (Cuadras, 1981), el cual se considera como el cuerpo metodológico para estudiar medidas simultáneas de varias variables (Johnson y Wichern, 1994).

Los objetivos del ACP son: generar nuevas variables que puedan expresar la información contenida en el conjunto de datos, reducir la dimensionalidad del problema planteado, eliminar variables, cuando sea posible, que no aportan información. El análisis por ACP puede partir de la matriz de varianza-covarianza o de la matriz de correlaciones. Para nuestro trabajo partimos de esta última. Este método no exige normalidad ni homocedasticidad, pero sí que las variables originales sean continuas o medidas por lo menos en una escala de intervalos y que el número de variables sea mucho menor que el de individuos (Hair et al., 2002; Cuadras, 1981).

En donde el CP1 permite visualizar más variabilidad en los datos que cualquier otro CP, el CP2 no está correlacionado con el CP1 (aporta nueva información) y explica mayor variabilidad que cualquier otro CP que no sea el CP1 y así sucesivamente. Gráficamente la dispersión construida a partir del CP1 y el CP2 proyecta la nube de datos en el sentido de máxima variación, la cual es ideal para estudiar variabilidad con poca pérdida de información (Hair et al., 2002; Cuadras, 1981).

Gráficamente el porcentaje de variabilidad explicada por cada componente sirve para decidir cuántos componentes interpretar (Hair et al., 2002; Cuadras, 1981).

2.9.2 Análisis paramétrico en diseño completo al azar (DCA)

La ciencia de la estadística, establece técnicas “más comunes para validar resultados en la investigación científica siendo el uso del análisis de varianza, principalmente cuando se requiere comparar diferentes tratamientos. No obstante, la teoría estadística nos indica varios supuestos que se deben

cumplir para aplicar dicho análisis como normalidad de la variable respuesta o también llamada variable dependiente, homogeneidad de varianzas entre los tratamientos e independencia de los datos. No siempre es posible obtener dichos datos en las investigaciones y si no son cerciorados adecuadamente, puede originarse un sesgo importante en la discusión de los resultados, por lo que pueden tomarse decisiones erróneas” (Núñez-Colín, 2018 cita a Infante y Zarate, 2000).

Planteamos como prueba paramétrica (DCA) comparación entre las 3 Especies. planteado como prueba paramétrica hay que validar con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas principalmente. Si no se cumpliera secuencialmente uno de ellos, aplicamos la prueba No Paramétrica de Kruskal Wallis equivalente al Diseño Completo al Azar.

2.9.3 Análisis paramétrico en diseño de bloques completo al azar (DBCA)

Al diseño básico que controla una fuente de variación adicional a los tratamientos se le conoce como el Diseño de Bloques. El Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), en el caso paramétrico, y no paramétrico en el caso de no cumplir los supuestos, y se aplican sus respectivas pruebas de

comparación de medias. Los bloques son completos porque todos los tratamientos aparecen en igual número, usualmente una vez, dentro de cada bloque, y son al azar porque los tratamientos son asignados aleatoriamente. A este diseño se le conoce también como diseño de clasificación de dos vías sin interacción - Two Way (Díaz 2006).

Una manera adecuada de estudiar el factor de interés, es considerar factores adicionales que se incorpora al experimento de manera explícita y se denominan factores de bloque, en un diseño en bloques completos al azar (DBCA) se consideran tres fuentes de variación: el factor de tratamiento, el factor de bloque y el error aleatorio. Es un diseño completo debido a que se prueban todos los tratamientos en cada bloque y la aleatorización se la realiza dentro de cada bloque. La hipótesis se prueba con un análisis de varianza con dos criterios de clasificación, ya que se controla dos fuentes de

variación: el factor de tratamiento y el factor de bloque. La interpretación del factor de bloque resulta favorable debido a que presenta evidencia a favor o en contra respecto a que valió la pena controlar dicho factor, al ser significativo el efecto del factor de bloque, implica que éste tiene influencia sobre la variable de respuesta y debe tomarse en cuenta para mejorar la calidad de ésta, pero si su efecto no es significativo, entonces no es necesario controlarlo en futuros experimentos sobre esta misma respuesta (Erazo Sánchez, 2019).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del estudio

El estudio se desarrolló en los departamentos de San Martín y Ucayali. Para el caso de San Martín, en los centros poblados de Atumplaya, distrito de Calzada, provincia de Moyobamba y San Juan de Tangumi, distrito de Moyobamba y provincia de Moyobamba (Tabla 1), Moyobamba presenta una temperatura media 20,74°C, temperatura mínima de 16,83°C, temperatura máxima de 25,56°C y una precipitación anual de 2021,00 mm (Climate-data.org, 2021). La fisiografía dominante en la zona en estudio está representada por un paisaje de llanura aluvial, de terrazas bajas de drenaje bueno a moderado, generada por el curso alto del río Mayo y su red de tributarios (GORESAM, 2007) entre 817 a 822 m.s.n.m. Para el caso de Ucayali se realizó en el centro poblado Túpac Amaru, distrito de Manantay, provincia de Coronel Portillo (Tabla 1), Esta zona presenta una temperatura media 25,78°C, temperatura mínima de 23,00°C, temperatura máxima de 29,89°C y una precipitación anual de 2682,00 mm (Climate-data.org, 2021). Esta zona forma parte de la zona aluvial inundable influenciado por el río Manantay, la cual se inundan durante 5 meses al año desde noviembre hasta marzo, la precipitación media anual, con una altitud de 157 m.s.n.m. y muestran una topografía de llanura plana (García-Soria et al., 2012) (Figura 8).



Figura 8.

Zonas de muestreo de tres especies de bambú nativo, departamentos de San Martín y Ucayali, Perú.

Fuente: IIAP (2020)

Tabla 1.

Descripción de las zonas de trabajo de campo.

Nº	Tipo	Especie de Guadua dominante	Dpto	Provincia	Distrito	Centro poblado	Coordenadas		Zona
							E	N	
1	Bosque natural	<u>Lynnclarkiae</u> <u>Londono</u>	San Martín	Moyobamba	Moyobamba	<u>Atumplaya</u>	251121	9353423	18M
2	Bosque natural	<u>Weberbaueri</u> <u>Pilger</u>	San Martín	Moyobamba	Calzada	<u>San Juan de Tangumi</u>	264471	9332199	18M
3	Bosque natural	<u>Superba</u> <u>Huber</u>	Ucayali	Coronel Portillo	Manantay	<u>Tupaç Amaru</u>	543955	9062496	18L

3.2 Materiales y equipos

A continuación, se presentan los materiales, equipos e instrumentos usados para el desarrollo de la investigación.



Figura 9.

Fotografía en la Zona de Muestreo con los Materiales, Equipos e Instrumentos. (Tomada: Centro Poblado Túpac Amaru, distrito Manantay, provincia Coronel Portillo y departamento Ucayali 2021).

MATERIALES:

- ✓ Plumones indelebles
- ✓ Bolsas de papel
- ✓ Bolsas de plástico
- ✓ Libreta de campo
- ✓ Lápices
- ✓ Tablero
- ✓ Formatos

○ **EQUIPOS:**

- ✓ Brújula

- ✓ GPS
 - ✓ Motosierra
 - ✓ Estufa
 - ✓ Laptop
 - ✓ Cámara fotográfica
 - ✓ Balanza de platillo
 - ✓ Balanza colgante
 - ✓ Hipsómetro digital
- INSTRUMENTOS:
 - ✓ Wincha de 30 m
 - ✓ Wincha de 3 m
 - ✓ Vernier digital
 - ✓ Tijera de Podar
 - ✓ Cinta métrica
 - ✓ Serrucho
 - ✓ Machete
 - ✓ Soga de 20 m
 - ✓ Rafia
 - ✓ Jalones

3.3 Métodos

3.3.1 Cuantificación de la biomasa aérea

El cálculo de la biomasa y el carbono aéreo se procedió a la instalación de parcelas de medición de 250 m² en campo (Rügnitz et al., 2009), estratificando los individuos por clases diamétricas, tales como: individuos con diámetros a la altura del pecho (DAP) mayores a 10 cm, individuos con DAP entre 5.0 cm a 9.9 cm en individuos con DAP entre 1.5 cm a 4.9 cm, la medición se realizó utilizando una cinta diamétrica para los diámetros y para la estimación de la altura de todos los individuos, incluyendo los bambúes, se usó un clinómetro, tal como aconseja el protocolo estándar de parcelas permanentes de RAINFOR (Phillips y Baker, 2016). En el caso de las especies diferentes al bambú, se usó ecuaciones alométricas disponibles en la literatura. Para el caso del bambú se utilizó las ecuaciones alométricas (García-Soria et al., 2022). Así

mismo, para el caso de los individuos menores a 1.5 cm de DAP se instalaron al azar 2 cuadrantes de 0.25 m² de donde se colectó la totalidad de la biomasa tomándose su peso fresco total. Posteriormente, se tomó una muestra para llevar al laboratorio y secarla a 65°C hasta obtener un peso seco constante, se considerará la fracción de carbono de 0.473 del peso seco obtenido (Martin & Thomas, 2011) (Figura 3).

- Biomasa de individuos con DAP ≥ 10 cm

En este estrato se miden todos individuos arbóreos, palmeras y bambúes con DAP ≥ 10 cm estos fueron medidos en la parcela principal de 10 m x 25 m (250 m²), las variables a medir fueron: DAP, altura total (h), altura comercial (hc) e identificación de la especie mínimo a nivel de género.

- Biomasa aérea con DAP de 5 cm a 9.9 cm

En este estrato se midieron todos individuos arbóreos, palmeras y bambúes con DAP de 5 cm a 9.9 cm fueron medidos en una sub parcela de 10 m x 10 m (100 m²) dentro de la parcela de 250m², las variables a medir fueron: DAP, altura total (h), altura comercial (hc) e identificación de la especie mínimo a nivel de género.

- Biomasa aérea con diámetros de 1.5 cm a 4.9 cm

Dentro de la sub parcela de 10 m x 10 m se instaló otra sub parcela menor de 5 m x 5 m (25 m²) en donde se midió todos individuos arbóreos, palmeras y bambúes con diámetros entre 1.5 y 4.9 cm, las variables a medir fueron: DAP, altura total (h), altura comercial (hc) y especie mínimo a nivel de género.

- Biomasa herbácea con diámetros menores a 1.5 cm

El procedimiento para la medición de este estrato tuvo los siguientes pasos:

Paso 1: Ubicación de los cuadrantes de 0.5 m x 0.5 m de forma aleatoria en cada lado de la parcela principal de 250 m²;

Paso 2: Cortado del material vivo (biomasa) usando una tijera podadora o un cuchillo bien afilado;

Paso 3: Pesado del material extraído usando una balanza digital y un trípode fabricado con materiales que puedes conseguir en el campo; Paso 4: Una vez pesado la totalidad de la biomasa extraída del cuadrante se procede a homogenizar el contenido para tomar una muestra, la cual se pesa y codifica, posteriormente se secó en el laboratorio.

- Necromasa de hojarasca con diámetros menores a 1.5 cm
La metodología en la toma de muestras de hojarasca es la misma que se aplica para la colecta de muestras de herbáceas, con la diferencia que se colecta muestras del material muerto.
- Árboles muertos caídos con diámetros ≥ 10 cm
La medición de los árboles caídos se realizó con el método de intersección de línea el cual tiene los siguientes pasos:

Paso 1: Se estableció un transecto de 25 m en el centro de la parcela. (Figura 1) Paso 2: Se Medió los diámetros de los troncos que se interceptan con la línea, si el tronco es de forma elíptica es necesario tomar dos diámetros.
Paso 3: Conjuntamente con la medición del diámetro se clasificó los troncos en categorías de pudrición: F = Fresco, I = Intermedio y P = Podrido.



Figura 10.
Transecto con troncos caídos, solo se mide el diámetro en la intersección.

- Individuos muertos en pie y tocones con diámetros ≥ 10 cm

Para este caso se evaluaron todos los individuos arbóreos, palmeras y bambúes en la parcela de 10 m x 25 m (250 m²); ver figura 11, las variables a medir fueron: diámetro, altura total (h) y a medida de lo posible especie a nivel de género, en el caso de los individuos muertos en pie que superen el 1.30 m de altura se toma el DAP, los que no superen esta medida fueron considerados tocones.

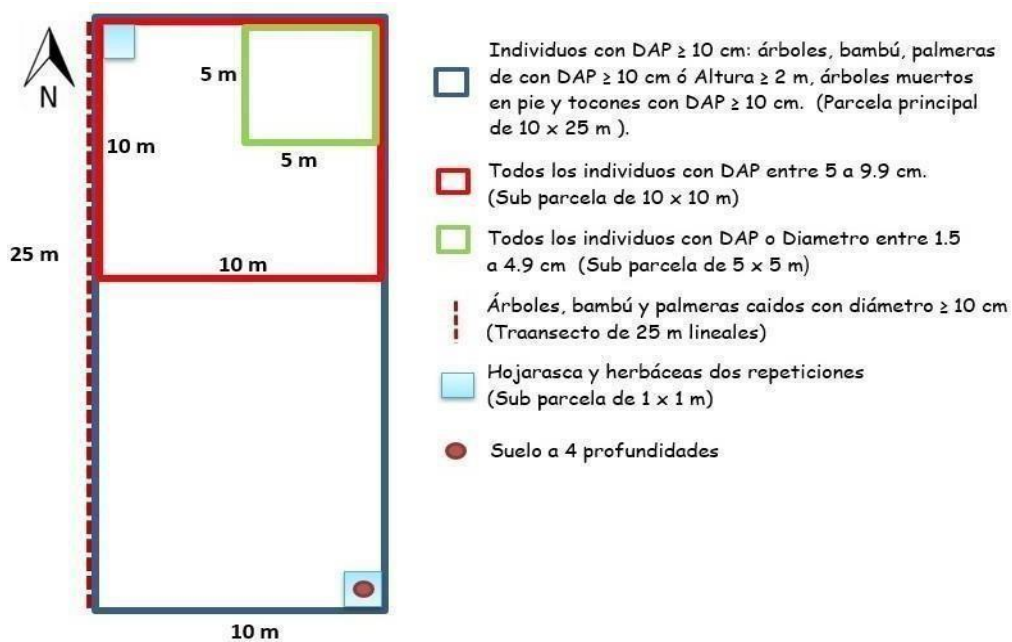


Figura 11. Diseño de la parcela de muestreo de carbono.

3.3.2 Ecuaciones alométricas para biomasa y carbono

Como se ve anteriormente, el trabajo de campo para estimar la biomasa y necromasa aérea, de un bosque con bambú requiere la toma de muchos datos biométricos en campo, éstos datos alimentan a un conjunto de ecuaciones alométricas pre establecidas para bosques tropicales y bambú, las cuales se usan de manera habitual en la estimación de la biomasa y el carbono (Tabla 2).

Tabla 2.

Ecuaciones alométricas utilizadas para bosques tropicales con presencia de bambú nativo.

Especificación	Ecuación	Fuente
Árboles con DAP \geq 10 cm	$B = 0.0673 * Y$	Chave et al. 2014
Palmeras con DAP \geq 10 o 2 m de altura	$\ln B = (7.7 * H + 4.5^{0.003})$	Cummings et al. 2002
<i>Guadua lynclarkiae</i>	$B = -32,2726 + 2,0306 * Ht + 1,0327 * CN_5$	García-Soria et al. 2022
<i>Guadua superba</i>	$B = -2,1723 + 0,4232 * Ht + 0,1583 * CN_5$	García-Soria et al. 2022
<i>Guadua weberbaueri</i>	$B = -3,0968 + 0,6234 * Ht + 0,1037 * CN_5$	García-Soria et al. 2022
Árboles con DAP de 5 a 9.9 cm	$B = exp * Y$	Chambers et al., 2001
Árboles y arbustos de 1.5 a 4.9 cm de DAP	$B = exp (-1.7689 + 2.377 * \ln(DAP))$	Nascimento & Laurence, 2002
Biomasa herbácea	$B = \frac{10000 * Bh * Bsm}{Ap * Bhm}$	IPCC 2003
Árboles caídos	$B = n^2 + \frac{(D_1^2 + D_2^2 + \dots + D_n^2)}{8 * L} * Cp$	IPCC 2003
Árboles muertos en pie y tocones	$B = 3.1416 * (\frac{D}{2})^2 * H * 0.3/1000$	IPCC 2003
Necromasa herbácea	$Necromasa = \frac{10000 * Nh * Nsm}{Ap * Nnm}$	IPCC 2003
C en la biomasa	$C = BST * Fc$	Martin & Thomas, 2011

Legenda: B: biomasa seca (kg); exp: exponencial; p: densidad básica de la especie; DAP: diámetro (cm) el tronco a la altura del pecho (1,3m); H: altura total (m); CN₅: Circunferencia del quinto entrenudo; Y: volumen; D: diámetro de pieza; DC: Diámetro del culmo de la base; L: longitud de transecto (m) C: carbono en biomasa; Cp: Categoría de pudrición (0.5, 0.3 y 0.15); Ap: Área de la parcela; Bh: Biomasa húmeda; Bsm: Biomasa seca de la muestra; Bhm: Biomasa húmeda de la muestra; Nh: Necromasa húmeda; Nsm: Necromasa seca de la muestra; Nnm: Necromasa húmeda de la muestra; Prh: Profundidad del Horizonte (cm); CQSh: Carbono Orgánico del Suelo del Horizonte; CQSt: Carbono Orgánico del Suelo Total; Fc: fracción de carbono = 0.473.

3.3.3 Muestreo de carbono en el suelo

El muestreo del suelo se hizo tanto para análisis químico de carbono orgánico del suelo “COS”, y densidad aparente “DA” las cuales se recogieron del mismo espacio donde se extrajeron las muestras de biomasa herbácea y hojarasca, para esto no se pisoteó o intervino el lugar.

La colecta de muestras se realizó en tres horizontes 0-15 cm, 15-30 cm y 30-50 cm, usando un barreno para las muestras destinadas al análisis de COS y

un cilindro para densidad con un volumen conocido para la densidad aparente (Figura 12).


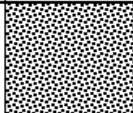

0-15cm		Profundidad ₁ $C_1 = \%C * (DA*100)*Prof_1$
15-30cm		Profundidad ₂ $C_2 = \%C * (DA*100)*(Prof_2-Prof_1)$
30-50cm		Profundidad ₃ $C_3 = \%C * (DA*100)*(Prof_3-S_{Prof_1+Prof_2})$

Figura 12.
Horizontes de suelo estudiados y su profundidad.

3.3.4 Cálculo de la densidad aparente del suelo

En el cálculo de la DA del suelo se consideró el volumen de cilindro muestreador de suelo, y el peso de la masa seca de suelo, la cual se obtuvo secando las muestras de suelo en estufa a 105°C de temperatura hasta obtener un peso constante y el volumen del cilindro y la DA se determinó las siguientes formulas:

$$Vc = \pi * r^2 * h$$

Donde:

Vc = Volumen del cilindro (cm³)

Π = 3.1416

h = Altura del cilindro (cm)

$$DA = \frac{Pms}{Vc}$$

Donde:

DA = Densidad aparente g/cm³ Pms

= Peso seco de la muestra (g) Vc

= Volumen del cilindro

3.3.5 Cálculo del porcentaje de COS

El método usado fue el de combustión húmeda de Walkley-Black (1934) realizado en el laboratorio de suelos de la UNALM, este método requiere que el valor obtenido sea multiplicado por un factor de 1.32 debido a que sólo el 76% del carbono se oxida durante el análisis (Nelson y Sommers, 1996).

3.3.6 Análisis estadístico

a) Para el análisis estadístico se empleó el criterio de agruparlo de por tipo de bosque de bambú y su carbono total. Obteniéndose tres componentes identificables: Carbono en bosques con *G.linnclarkiae* (V1), Carbono en *G. weberbaueri* (V2) y Carbono en *G. superba* (V3). (Hair et al., 2002; Cuadras, 1981).

Se cuantificó los totales parciales de los depósitos de C de cada uno de los componentes. Estos sub totales se sumaron para obtener los totales por componente. Estos datos fueron los que se introdujeron al programa InfoStat versión 2019 corriendo la prueba de ACP.

b) Prueba paramétrica

Se estableció para el Análisis de Variancia como una prueba paramétrica en Diseño Completo al Azar (DCA) para la evaluación comparativa del porcentaje (%) de carbono en el suelo en relación a las tres Especies de Bambú en estudio. Establecido como Prueba Paramétrica, hay que validar con los supuestos de Normalidad y Homogeneidad de Variancias principalmente. Si no se cumpliera secuencialmente uno de ellos, aplicamos la prueba No Paramétrica de kruskal Wallis equivalente al Diseño Completo al Azar. Los datos fueron procesados con el programa estadístico SAS versión 9.1.

También se estableció para el Análisis de Variancia como una prueba paramétrica, pero en Diseño de Bloques Completo al Azar (DBCA) para la evaluación comparativa de las toneladas por hectárea (tC/ha) de carbono total en relación a las tres Especies de Bambú nativos de

los depósitos o reservorios de carbono provenientes de 15 parcelas de las localidades en estudio. Establecido como Prueba Paramétrica, hay que validar con los supuestos de Normalidad y Homogeneidad de Variancias principalmente. Si no se cumpliera secuencialmente uno de ellos, aplicamos la prueba No Paramétrica de Friedman equivalente al Diseño de Bloques Completo al Azar. Los datos también fueron procesados con el programa estadístico SAS versión 9.1.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Biomasa de bambú por tipo de reservorio

En la tabla 3 se presentan los valores de carbono retenido, por Reservorio de Carbono en 3 tipos de bosques de bambú: *Guadua superba*, *G. lynnclarkiae* y *G. weberbaueri*.

El carbono orgánico del suelo (COS) presente en las tres zonas de estudio alcanzó los de 61.19 tC ha⁻¹; Los niveles valores más elevados de carbono del primer deposito, con un total de 183.56tC ha⁻¹en relación a los otros depósitos analizados, con un promedio obtenidos en la Biomasa aérea fue el segundo deposito con más carbono, mostrando un total de 76,31 tC ha⁻¹ y un promedio de 25,44 tC ha⁻¹, así mismo, la Necromasa fue el depósito que contenía menos carbono con un total de 31,03 tC ha⁻¹ y un promedio de 10,34 tC ha⁻¹(Anexo 6).

Tabla 3.
Resumen de los datos de muestreo en los tipos de bosque.

Reservorio de carbono	<i>G. superba</i> (t C/ha)	<i>G. lynnclarkiae</i> (t C/ha)	<i>G. weberbaueri</i> (t C/ha)	Valor Total de las Tres Especies de Bambú, por Reservorio de Carbono
Bambu (*)	2.48	14.56	1.50	
Biomasa (incluye bambú)	48.41	20.04	7.86	76.31 tC ha ⁻¹
Necromasa	23.66	4.80	2.57	31.03 tC ha ⁻¹
Carbono orgánico del suelo (COS) total	76.40	62.45	44.71	183.56 tC ha ⁻¹
Carbono total tC/ha Por Especie de Bambú	148.46	87.29	55.14	

(*) "valores promedios propios de las *guaduas*".

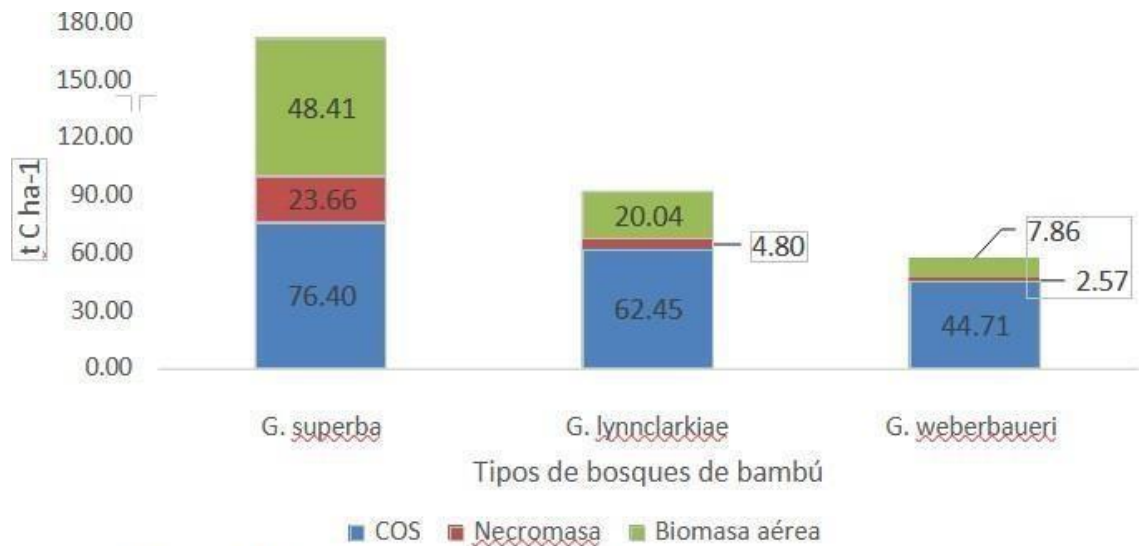


Figura 13.
Carbono total por depósitos en los tres bosques de bambú nativo.

Tabla 4.
ANVA para la variable carbono secuestrado.

ANVA					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
RC	2	4090.915756	2045.457878	58.33	0.0011**
G	2	1498.567089	749.283544	21.37	0.0073**
Error	4	140.279111	35.069778		
Total	8	5729.761956			
Coeff Var	18.3				

De acuerdo a la Tabla 4, Análisis de Varianzas (ANVA), se demuestra que los valores de carbono almacenado por reservorio son diferentes, de manera altamente significativa.

Tabla 5.
Prueba de comparación múltiple de medias de Tukey entre
reservorio de carbono.

Tukey (0.05)	Mean	PRUEBA DE TUKEY	
		N	RC
A	61.187	3	COS
B	25.437 BIO B	3	
B	10.343	3	NECRO

De acuerdo a la Tabla 5, la prueba Tukey demuestra que los valores promedios por reservorios son mayores para el carbono orgánico del suelo (COS) y en segundo lugar a la biomasa y necromasa.

4.2 Biomasa de bambú por especie

4.2.1 Bosques de *Guadua lynnclarkiae*

El contenido de C en la biomasa aérea de los bosques con *Guadua lynnclarkiae* encontrados en este estudio fue de 20,04 tC ha⁻¹, el cual nose asemeja a los niveles para biomasa aérea de bambusales naturales descritos por Camargo et al. (2007), en la Vereda Calle larga, finca Nápoles en Montenegro, Colombia, donde reportó 126.00 tC ha⁻¹, en condiciones climáticas y de altura bastante similares, esto puede deberse a la cantidad de individuos de bambú encontrados en ambos estudios, en este estudio se encontraron 324 ind ha⁻¹ y en lo reportado por Camargo et al. (2007), fue de 4,050 ind ha⁻¹; es preciso indicar que la diferencia es por la cantidad de individuos por parcelamuestreada.diferenciadebido a que Camargo estudió *G. angustifolia*

Del mismo modo, los datos reportados no coinciden con los trabajos realizados por Sharma y Vu Tan Phuong (2013) en Vietnam, donde reportan un total de 107.00 tC ha⁻¹, cifra prácticamente igual a la encontrada por Camargo et al. (2007) y García-Soria & Del Castillo (2013) pero muy diferentes a este estudio, así mismo, en el caso del carbono ubicado en la biomasa aérea de los bosques con *G. lynnclarkiae*, esta muestra un aporte muy significativo al

total, con un 72,65% del total (Figura 7).

En cuanto al carbono en la necromasa, se encontró un total de 4.8 tC ha⁻¹, valor muy similar a los reportados por Isagi et al. (1997) con 3.8 tC ha⁻¹ en los bambusales de Japón, pero mucho menores los encontrados por García-Soria & Del Castillo (2013) con 14,396 tC ha⁻¹, esto se explica también por la cantidad de individuos de bambú en el ecosistema, dado que, a más individuos por hectárea mayor cantidad de hojarasca o necromasa en la parcela. (Figura 14).

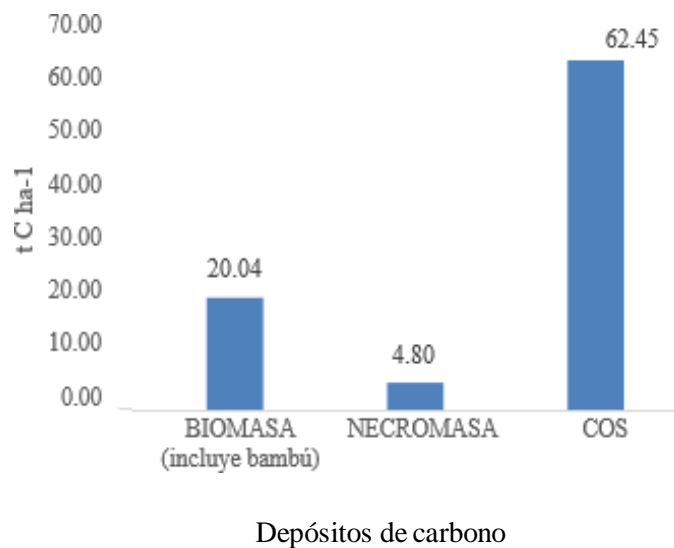


Figura 14.
Carbono total por depósitos en los bosques de *Guadua lynnclarkiae*.

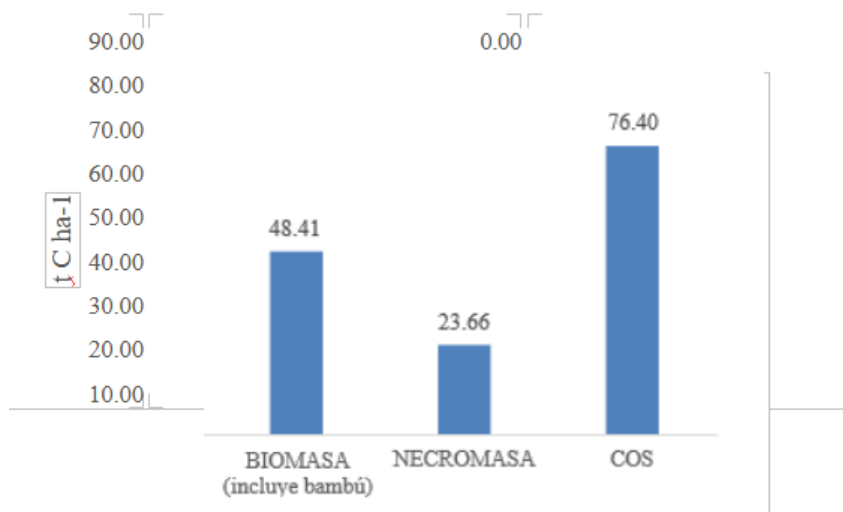
Sobre el contenido de COS en la zona de estudio este presenta un total de 62,45 tC ha⁻¹, constituyéndose como el depósito de carbono más importante en este tipo de bosques. Estos datos son muy similares a los reportados por García-Soria & Del Castillo (2013), quienes reportaron un almacenamiento de 74.33 tC ha⁻¹, a la misma profundidad de estudio (Figura 14).

4.2.2 Bosques de *Guadua superba*

El contenido de carbono en la biomasa aérea de los bosques con *Guadua superba* encontrado en este estudio fue de 76,40 tC ha⁻¹, el cual es bastante menor que

los bambusales naturales descritos por Camargo et al. (2007), en Colombia, donde reportó 126.00 tC ha⁻¹, esto puede deberse a la cantidad de individuos de bambú encontrados en ambos estudios, en este estudio se encontraron 1207 ind ha⁻¹ y en lo reportado por Camargo et al. (2007), fue de 4,050 ind ha⁻¹; además, la especie estudiada por Camargo et al. (2007) fue la *G. angustifolia*, la cual tiene una arquitectura diferente a la *G. superba*, esta última es de altura y diámetro menor, por lo cual pesa mucho menos, así mismo, en el caso del carbono ubicado en la biomasa aérea de los bosques con *G. superba*, esta muestra un aporte mínimo al total, con un 5,12% del total (Figura 15).

Del mismo modo, los datos reportados no coinciden con los trabajos realizados por Sharma y Vu Tan Phuong (2013) en Vietnam, donde reportan un total de 107.00 tC ha⁻¹, cifra prácticamente igual a la encontrada por Camargo et al. (2007) y García-Soria & Del Castillo (2013) pero muy diferentes a este estudio (Figura 14), (2007) y García-Soria & Del Castillo (2013) pero muy diferentes a este estudio (Figura 15).



Depósitos de carbono

Figura 15.
Carbono total por Depósitos en los bosques de Guadua Superba-

En cuanto al carbono en la necromasa, se encontró un total de 23.66 tC ha⁻¹, valor ligeramente mayor a los reportados por García-Soria & Del Castillo (2013)

con 14,396 tC ha⁻¹, y mucho mayores a los reportado por Isagi et al.(1997) con 3.8 tC ha⁻¹ en los bambusales de Japón, esto se explica por la condición inundable de estos bosques con *G. superba* los cuales se encuentran inundados 8 meses al año, generando una condición anaeróbica en la superficie del suelo lo cual hace que la necromasa se descomponga lentamente, obteniéndose una mayor acumulación (Figura 16).

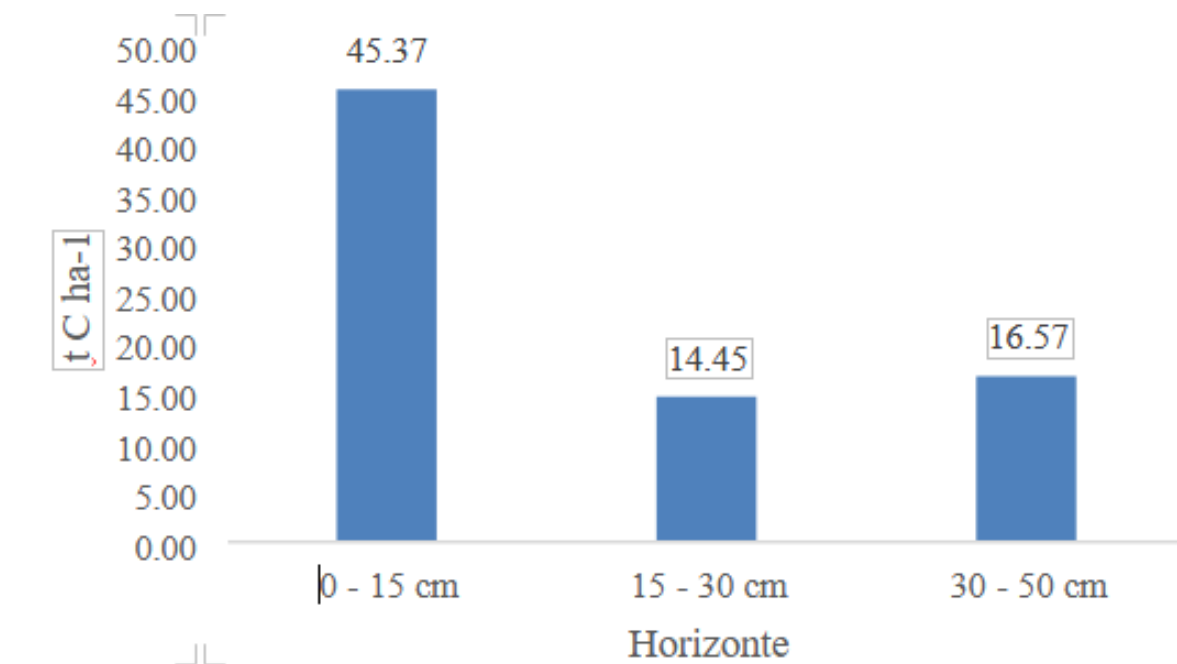


Figura 16.

COS por profundidad en los bosques de Guadua superba.

4.2.3 Bosques de *Guadua weberbaueri*

El contenido de carbono en la biomasa aérea de los bosques con *Guadua weberbaueri* encontrados en este estudio fue de 7,86 tC ha⁻¹, el cual no se asemeja a los niveles para biomasa aérea de bambusales naturales descritos por Camargo et al. (2007), en Colombia, donde reportó 126.00 tC ha⁻¹, en condiciones climáticas y de altura bastante similares, esto puede deberse a la cantidad de individuos de bambú encontrados en ambos estudios, en este estudio se encontraron 691 ind ha⁻¹ y en lo reportado por Camargo et al. (2007), fue de 4,050 ind ha⁻¹; además, la especie estudiada por Camargo et al.(2007) fue la *G. angustifolia*, la cual tiene una arquitectura diferente a la *G. weberbaueri*, este

último pesado fue de paredes más delgadas y pesa mucho menos.

Del mismo modo, los datos reportados no coinciden con los trabajos realizados por Sharma y Vu Tan Phuong, 2013 en Vietnam, donde reportan un total de 107.00 tC ha⁻¹, cifra prácticamente igual a la encontrada por Camargo et al. (2007) y García-Soria & Del Castillo (2013) pero muy diferentes a este estudio, así mismo, en el caso del carbono ubicado en la biomasa aérea de los bosques con *G. weberbaueri*, esta muestra un aporte poco significativo al total, con un 19,08% del total (Figura 17).

En cuanto al carbono en la necromasa, se encontró un total de 2.57 tC ha⁻¹, valor similar a los reportados por Isagi et al. (1997) con 3.8 tC ha⁻¹ en los bambusales de Japón, pero mucho menores a los encontrados por García- Soria & Del Castillo (2013) con 14,396 tC ha⁻¹, esto se explica también por la cantidad de individuos de bambú en el ecosistema, dado que, a más individuos por hectárea mayor cantidad de hojarasca o necromasa en la parcela (Figura 17).

Camargo et al. (2007), en Colombia, donde reportó 126.00 tC ha⁻¹, en condiciones climáticas y de altura bastante similares, esto puede deberse a la cantidad de individuos de bambú encontrados en ambos estudios, en este estudio se encontraron 691 ind ha⁻¹ y en lo reportado por Camargo et al. (2007), fue de 4,050 ind ha⁻¹; además, la especie estudiada por Camargo et al.(2007) fue la *G. angustifolia*, la cual tiene una arquitectura diferente a la *G. weberbaueri*, este último pesado fue de paredes más delgadas y pesa mucho menos.

Del Castillo (2013) pero muy diferentes a este estudio, así mismo, en el caso del carbono ubicado en la biomasa aérea de los bosques con *G. weberbaueri* muestra un aporte poco significativo al total, con un 19,08% del total (Figura 17).

En cuanto al carbono en la necromasa, se encontró un total de 2.57 tC ha⁻¹, valor similar a los reportados por Isagi et al. (1997) con 3.8 tC ha⁻¹ en los bambusales de Japón, pero mucho menores a los encontrados por García- Soria & Del

Castillo (2013) con 14,396 tC ha⁻¹, esto se explica también por la cantidad de individuos de bambú en el ecosistema, dado que, a más individuos por hectárea mayor cantidad de hojarasca o necromasa en la parcela (Figura 17).

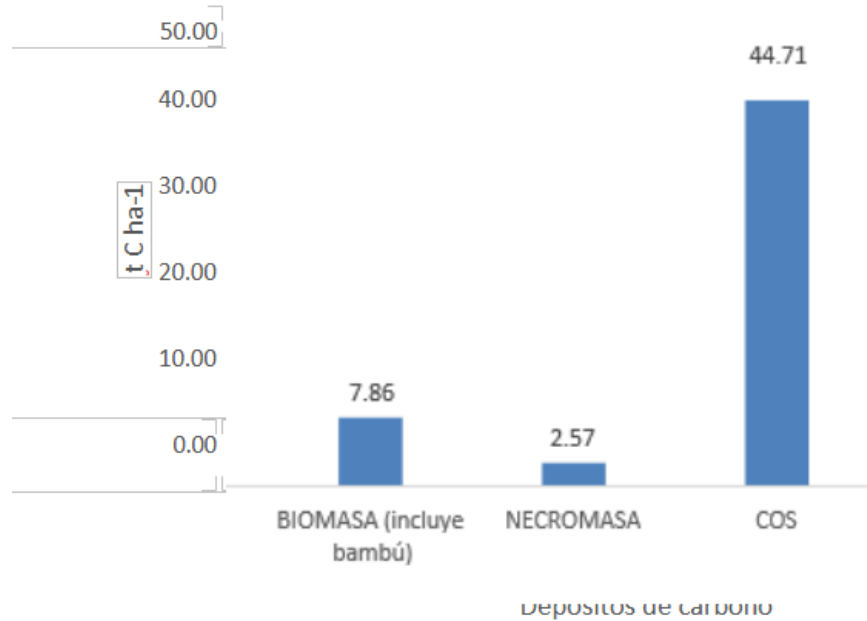


Figura 17.
*Carbono total por depósitos en los bosques de *Guadua weberbaueri*.*

Sobre el contenido de COS en la zona de estudio, este presenta un total de 44,71 tC ha⁻¹, constituyéndose como el depósito de carbono más importante en este tipo de bosques. Estos datos son menores a los reportados por García-Soria & Del Castillo (2013), quienes reportaron un almacenamiento de 74.33 tC ha⁻¹, a la misma profundidad de estudio (Figura 18).

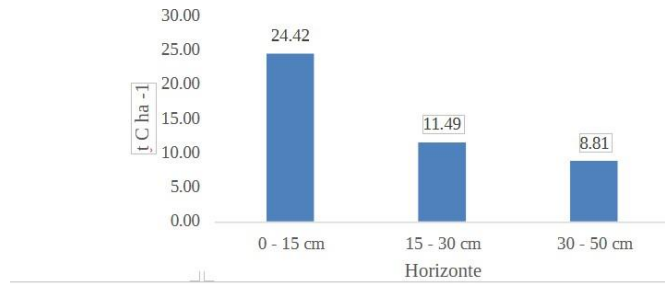


Figura 18.
COS por profundidad en los bosques de Guadua weberbaueri

Sobre el contenido de COS en la zona de estudio, este presenta un total de 76,40 tC ha⁻¹, constituyéndose como el depósito de carbono más importante en este tipo de bosques. Estos datos son casi idénticos a los reportados por García-Soria & Del Castillo (2013), quienes encontraron un almacenamiento de 74.33 tC ha⁻¹, a la misma profundidad de estudio (Figura 17).

4.3 Análisis del porcentaje de carbono orgánico del suelo (COS)

Los resultados del porcentaje (%) de carbono luego del muestreo y análisis en laboratorio de suelos de la UNALM (Anexo 2); de la información anterior, se presenta en la Tabla 6 el promedio de cada una de las cinco parcelas el % de carbono secuestrado en los suelos de las localidades estudiadas en relación a las tres especies de bambús, para su comparación de contenido de carbono estadísticamente.

Tabla 6.

Porcentaje promedio de carbono del suelo con respecto a las especies: G.lynnclarkiae (PL), G. weberbaueri (PW), G. superba (PS).

ESPECIES DE BAMBÚ	Promedio: % de Carbono del suelo (cada parcela)
PL	1.64
PL	1.06
PL	1.82
PL	1.37
PL	1.22
PW	1.12
PW	0.55
PW	0.53
PW	0.71
PW	0.94
PS	1.89
PS	1.16
PS	2.73
PS	3.24
PS	0.96

Ejecutado la prueba de supuesto de Normalidad, hubo normalidad, pero al hallar el ANVA del DCA y la prueba de Homogeneidad de Variancias respectiva con Bartlett (Anexo 4) resultó que no hay Homogeneidad de Variancias, por tanto, se aplicó la prueba de Kruskal wallis (Tabla 7) y la corrida total (Anexo 5).

Tabla 7.

Resultado de la prueba de Kruskal Wallis respecto al porcentaje promedio de carbono del suelo con las especies de bambús en investigación.

	Kruskal-Wallis Test
Chi-Square	8.1800
DF	2
Pr > Chi-Square	0.0167 *

(*) Si hay diferencias significativas entre los tratamientos o entre las especies de bambús relacionados al secuestro o contenido en % de carbono en suelos con presencia de bambús.

Tabla 8.

Resultado de la prueba de mínimos cuadrados de las medias ajustados para la comparación múltiple de Bonferroni, para la variable % de carbono de los suelos entre las tres especies de bambú en estudio por mitigación.

	location	Por ciento de carbono LSMEAN	LSMEAN Number
	PL	9.6000000	1
	PS	11.0000000	2
	PW	3.4000000	3
i/j	1	2	3
1		1.0000	0.0252
2	1.0000		0.0068
3	0.0252	0.0068	

La prueba de mínimos cuadrados, indica que la especie PS resultó con mayor % de carbono en el suelo estadísticamente respecto al PW, pero similar a PL; también, PL resultó mejor que PW.

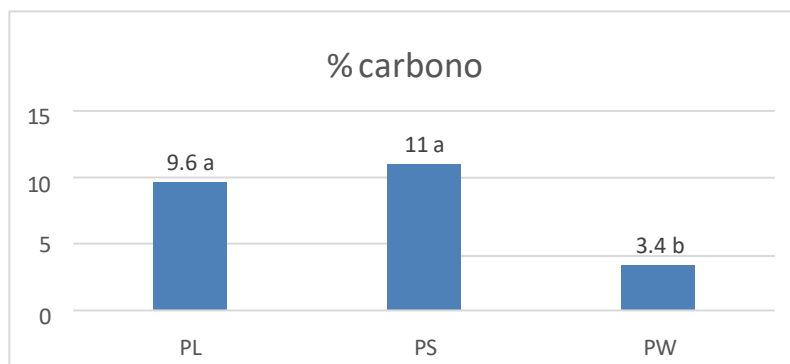


Figura 19.

Comparativo de las 3 especies de bambú, resultando PS y PL estadísticamente (P. min. Cuadro) mejor que PW en “secuestrar” el % de carbono en el suelo.

Sobre el contenido de COS en la zona de estudio, este presenta un total de 76,40 tC ha⁻¹, constituyéndose como el depósito de carbono más importante en este tipo de bosques. Estos datos son casi idénticos a los reportados por García-Soria & Del Castillo (2013), quienes encontraron un almacenamiento de 74.33 tC ha⁻¹, a la misma profundidad de estudio (Figura 19).

Aun no hay estudios específicos, si la morfología de las guaduas u otro componente repercuten en contribuir al almacenaje de carbono en el suelo, al respecto FAO, ONU. (2002) menciona la existencia de una correlación entre el diámetro internudo con las variables asociadas con la altura total del tallo, lo cual indicaría que las poblaciones de bambú con paredes de mayor grosor poseen tallos de mayor altura y diámetro aún más grande. Asimismo, considera que tanto la base y la altura de la hoja caulinar, como la anchura y la longitud de la lámina foliar soporta la hipótesis de que estas asociaciones están relacionadas con la adquisición y el almacenamiento de nutrientes indicados anteriormente. En este sentido, los componentes principales obtenidos, primer componente correspondiente a la variable altura y el segundo al número de hojas, serían aquellas a las que se debería de dar mayor importancia en el momento de toma de datos.

Tabla 9.

Indicativo real de bosques nativos de las tres especies de bambú

Tipo de Especie	N° de Individuos	Biomasa	Necromasa	Carbono Orgánico del Suelo (COS)
<i>G. Lynnclarkieae</i>	324 (B)	20.04 (A)	4.8 (A)	62.45 (A)
<i>G. Superba</i>	1207	48.41	23.66	76.40
<i>G. Weberbaurei</i>	691	7.86	2.57	44.71

Podemos expresar lo siguiente a través de la Tabla 12, es que por la mayor parte de Individuos que tiene la Guadua Superba es que absorbe más CO₂, en su Reservorio de Carbono de; Carbono Orgánico del Suelo (COS), Biomasa y Necromasa. Formula **Igualando Cantidades: A/B * C**

Tabla 10.

Tabla comparativa igualando cantidad de individuos

Tipo de Especie	N° de Individuos	Biomasa	Necromasa	Carbono Orgánico del Suelo (COS)
<i>G. Lynnclarkiae</i>	100 (C)	6.185	1.4815	19.27
<i>G. Superba</i>	100	4.0107	1.9602	6.3297
<i>G. Weberbaure</i>	100	1.1374	0.3719	6.4703

Podemos expresar lo siguiente a través de la Tabla 10, al igualar la cantidad de individuos es que la *Guadua lynnclarkiae* es la que absorbe más CO₂, en su Reservorio de Carbono de; Carbono Orgánico del Suelo (COS), Biomasa, seguido de la *Guadua Superba* en la Necromasa.

4.4 Análisis en toneladas de carbono de los reservorios en relación a lo bambúes nativos

Los resultados de las toneladas por hectárea (tC/ha) de carbono en reservorios o depósitos afines a los estudios de las tres especies de Guaduas en estudio, provenientes de 15 parcelas de las localidades correspondientes, de los datos tomados de campo (Anexo 6); de la información anterior, se presenta en la Tabla 9 el promedio de cada una de las catorce fuentes de carbono de las localidades estudiadas, en relación a las tres especies de bambús, para su comparación del reservorio de carbono estadísticamente queda demostrado a través de las tablas descritas.

Tabla 11.

Valores promedio en toneladas por hectárea (tC/ha) de las fuentes del reservorio de carbono en relación a los bambús nativos.

Reservorio de carbono	<i>G. superba</i>	<i>G. lynnclarkiae</i>	<i>G. weberbaueri</i>
Bambú	2.48	14.56	1.50
Arborea con diámetros mayores de 10 cm	19.24	13.22	4.92
Arborea con diámetros entre 5 a 9.9 cm	12.97	5.56	1.01
Arborea con diámetros entre 1.5 a 4.9 cm	9.12	0.24	1.40
Herbacea	7.08	1.02	0.54
BIOMASA (excluye bambú)	48.41	20.04	7.86
Arboles caídos	16.23	2.38	1.78
Árboles muertos en pie y tocones	0.34	1.41	0.24
Hojarasca	7.08	1.02	0.54
NECROMASA	23.66	4.80	2.57
0 - 15 cm	45.37	33.31	24.42
15 - 30 cm	14.45	17.93	11.49
30 - 50 cm	16.57	11.21	8.81
COS total	76.40	62.45	44.71
Carbono total (tC/ha)*	148.46	87.29	55.14

(*) tiempo de la investigación (meses).

Ejecutado la prueba de supuesto de Normalidad, no hubo normalidad de los residuales de los datos en la Figura 18 y Anexo 7; por tanto, se aplicó la prueba no paramétrica de Friedman en la Tabla 11 y la corrida en el Anexo 7.

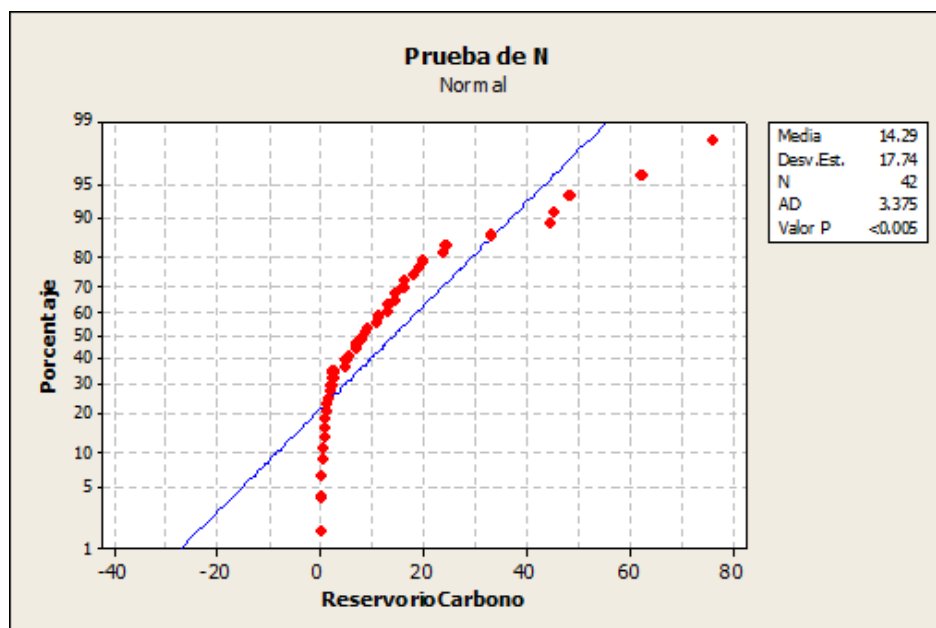


Figura 20.

La prueba de normalidad no se cumple, valor P (Probabilidad) 0.005 es menor al alpha 0.05.

Tabla 12.

Resultado del análisis con la prueba no paramétrica: Friedman.

Prueba de Friedman:					
The GLM Procedure (anova)					
Dependent Variable: rreservC			Rank for Variable reservC		
Source	DF	Squares	Sum of Mean Square	F Value	Pr > F
guadua	2	21.00000000	10.50000000	39.00	0.0001 **
bloque	13	0.00000000	0.00000000	0.00	1.0000 ns
Error	26	7.00000000	0.26923077		
Total	41	28.00000000			

Tabla 13.

Prueba de mínimos cuadrados luego de la significación de los tratamientos (guadua) en la prueba de Friedman.

The GLM Procedure: Least Squares Means		
guadua	rreservC LSMEAN	LSMEAN Number
1	2.78571429	1
2	2.14285714	2
3	1.07142857	3

Least Squares Means for effect guadua			
Pr > t for H0: LSMean(i)=LSMean(j)			
Dependent Variable: rreservC			
i/j	1	2	3
1		0.0030	<.0001
2	0.0030		<.0001
3	<.0001	<.0001	

La prueba de mínimos cuadrados corrobora, a los resultados de la prueba de LSD (t) o T que se aplicaron y se presentan en el Anexo 7, bajo el método de uso de letras minúsculas (a, b, ...) en las comparaciones de las medias de los tratamientos, que se presentan luego en gráfico de la Figura 21.

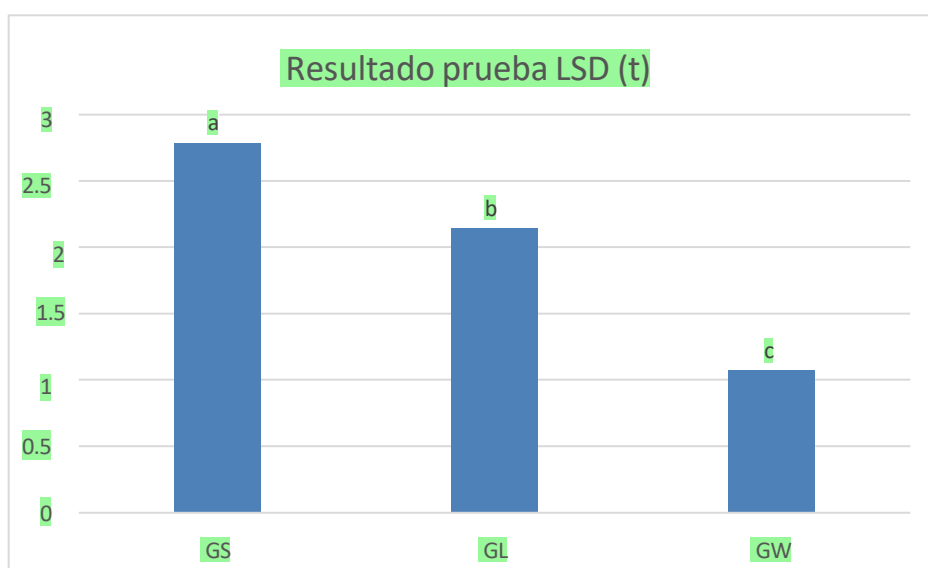


Figura 21.
Mayor depósito de Carbono en relación a las guaduas nativas en estudio.

Los resultados obtenidos de carbono total por hectáreas de las tres especies de guaduas nativas, La *Guadua superba huber*, es la especie que ha capturado más carbono en su Reservorio, tal como muestra la gráfica seguida de la *Guadua lynclarkiae* y la especie que captura menos carbono en su reservorio del suelo es la *Guadua weberbaueri*. Son avances de mejora continua en los procedimientos de cálculo, comparados con investigaciones anteriores (Aguirre & Gutierrez, 2009), que determinaron la cantidad de carbono capturado en los diferentes estadios de la Marona (*Guadua* spp.) en el Bosque Local "El Maronal de Atumplaya", calcularon la biomasa del aérea total y su distribución por componentes (tallos, ramas y hojas), en una plantación adulta, utilizando ecuaciones alométricas logarítmicas. Los resultados que hallaron fueron también la biomasa total obtenida en el bosque de 6,31 has fue de 407,34 Ton en el año 2008 y 506,14 Ton en el año 2009, con un incremento de 98,8 ton de biomasa al año; lo que equivale a 44,462 ton de C/año en toda la plantación y 7,046 toneladas de carbono/Ha/año. Además, determinaron la captura de CO₂ atmosférico de 163,027

Ton de CO₂ en un año y convertido en biomasa aérea (culmo, ramas y hojas) de *Guadua* spp.; que representa 25,836 Ton de CO₂/Hal año.

En todo el mundo nacen diversas clases de plantas con la finalidad de menguar la problemática actual del clima; en relación a los estudios realizados por Fonseca y Rojas en el 2016 quienes calcularon la biomasa, el carbono en biomasa vegetal y en la tierra en terrenos artificiales de *Dendrocalamus latiflorus*, *Guadua agustifolia* y *Guadua aculeata* elaborando esquemas numéricos.

La biomasa se calculó por la formula destructiva. La fracción de carbono fue del 43,2% a 47,2% entre sus diversas composiciones en un mismo eje y de 36,4% a 46,7% en los demás componentes de la biomasa de las plantas de la holocenosis. El porcentaje de carbono en la tierra fue de 2,45%. El carbono guardado (incluido el suelo) por parcelas en siembras de *D. agustifolia* y *G. aculeata*. Los ejemplos practicados por el componente de calor para el eje completo no fueron representativos y se eliminaron, en tanto que las muestras de agregados tienen $R < \sup > 2 < / \sup >$ superiores al 89% y menos error de estimación.

Las nuevas especies vegetales surgen como opciones para mitigar el problema mundial del cambio climático; las investigaciones, como las realizadas por Fonseca y Rojas (2016), quienes estiman la biomasa acumulada, el carbono vegetal y en el suelo en rodales artificiales de *Dendrocalamus latiflorus*, *Guadua agustifolia* y *Guadua aculeata*, desarrollando modelos matemáticos. La biomasa se estimó por el método destructivo. La fracción de carbono promedio osciló de 43,2% a 47,2% entre los diferentes componentes en un mismo eje y de 36,4% a 46,7% en los demás componentes de la biomasa vegetal del ecosistema. El porcentaje de la biomasa vegetal del ecosistema fue de 2,45%. El carbono almacenado (incluido el suelo) por hectárea en plantaciones de *D. latiflorus* fue de 186,73 Mg ha ⁻¹ y de 117,74 Mg ha ⁻¹ en *G. agustifolia* y *G. aculeata*. Los culmos representan más del 87% del carbono de la biomasa total y más de 34% a nivel de ecosistema. Los modelos ensayados por componente del culmo y para el eje completo no presentaron buenos ajustes y se desestimaron, mientras que los modelos agregados poseen $R < \sup > 2 < / \sup >$ superiores al 89% y bajo errores de

estimación.

Componentes de la biomasa de las plantas de la holocenosis. El porcentaje de carbono en la tierra fue de 2,45%. El carbono (incluido el suelo) por parcelas de siembras de *D. angustifolia* y *G. aculeata*. Los ejemplos practicados por el componente de calor para el eje completo no fueron representativos y se eliminaron, en tanto que la muestra de agregados tiene R sup. 2 /su o superiores al 89% y menos errores de estimación.

V. CONCLUSIONES

1. La captura de carbono en los tres bosques de bambú estudiados es importante, dado que sus actuales stocks de carbono son relativamente bajos comparados con otros bosques de bambú, sin embargo, esta misma condición hacen que puedan secuestrar alrededor de 290.90 tC ha⁻¹, con un adecuado manejo.
2. La estimación del carbono acumulado en la biomasa aérea de los tres bosques de bambú estudiados asciende a un promedio total de 76,31 tC ha⁻¹.
3. La reserva carbono acumulado en la necromasa aérea de los tres bosques de bambú estudiados asciende a un promedio total de 31,03 tC ha⁻¹.
4. Se determinó que el carbono acumulado en los suelos de los tres bosques de bambú estudiados asciende a un promedio total de 183,56 tC ha⁻¹.
5. El análisis del porcentaje de carbono secuestrado en los suelos de las localidades de San Martín y Ucayali comparando entre las tres especies de bambú nativo *Guadua lynnclarkiae* (PL), *G. weberbaueri* (PW), *G. superba* (PS), resultó el PS y PL estadísticamente son mejores que la *G. weberbaueri* (PW) en “secuestrar” un valor promedio de 138.85 tC ha⁻¹, de carbono orgánico en el suelo.
6. El análisis de toneladas igualando cantidades por hectárea de carbono depositados o en reservorio de las localidades en estudio de San Martín y Ucayali, en relación a las tres especies de bambú nativo, resultó que la *Guadua lynnclarkiae* en biomasa es mejor, en necromasa la *Guadua superba*, y en el carbono orgánico del suelo la *Guadua lynnclarkiae*.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda establecer técnicas de manejo adecuadas que permitan la mayor acumulación de carbono en la biomasa aérea, la necromasa y el suelo de los bosques de bambú con las tres especies estudiadas, dado que, su stock de carbono es moderado.
- Se recomienda impulsar una legislación apropiada para promover el secuestro de carbono en estos bosques naturales, orientados a la reforestación de áreas degradadas y enriquecimiento de bosques intervenidos con especies de bambú nativas.
- Se recomienda impulsar capacitaciones en el sembrío de estas tres especies de bambú nativo en los bosques naturales de la Amazonía peruana.
- Se recomienda elevar la conciencia a nivel de los hacedores de políticas, para la inclusión del bambú en los planes de desarrollo nacional y local.
- Se recomienda promover alianzas entre el sector público y el privado, para el fortalecimiento de capacidades de los actores locales - beneficiarios.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre Mori, D. A.; Gutiérrez-Ruiz, A. D. 2009. Potencial de captura de carbono de la *Guadua* spp, por estadíos en el bosque local “El Maronal de Atumplaya” (en línea). Tesis para optar el grado de Ingeniero Ambiental. Tarapoto, Perú. Universidad Nacional de San Martín. Disponible en: <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/198>
- Asociación Interétnica del Desarrollo de la Selva Peruana – AIDSESEP. (2016). Redd+ Indígena Amazónico – RIA. Los territorios indígenas de vida plena frenan la crisis climática. Consultado 17 jun. 2020.
https://wwflac.awsassets.panda.org/downloads/ria_programa_nacional.pdf#:~:text=Redd%2B%20es%20definido%20por%20el%20sistema%20de%20Naciones,Marco%20de%20Naciones%20Unidas%20sobre%20Cambio%20Clim%C3%A1tico%20%28CMNUCC%291.
- Alvarado, M.A; Foroughbakhch, R; Jurado, E; Rocha, A. 2002. El cambio climático y la fenología de las plantas. Ciencia UANL, 5(4): 493-500. Consultado 17 jun. 2020. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/402/40250410.pdf>
- Alegría, A. 2013. Manejo sostenible del recurso *Guadua angustifolia* en Costa Rica y su potencial para la mitigación del cambio climático. Estudio de caso: Plantación de *Guadua angustifolia* variedad Atlántica en la Estación Experimental los Diamantes, Guápiles. Tesis de Maestría. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica.
- Alejandro Estable, A; Ramos Roldán; Navarro S., R. 2010. La biomasa (en línea, sitio web). Consultado 17 jun. 2020. Disponible en: <https://rinconeducativo.org/es/recursos-educativos/la-biomasa/>
- Arancibia, A. 2017. Propagación vegetativa de dos especies de bambú en la selva nororiental (en línea). Consultado 18 jun. 2020. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3496>.

- Araújo, T. M., Higuchi, N., & De Carvalho, J. A. 1999. Comparison of formulae for biomass content determination in a tropical rain forest site in the state of Pará, Brazil. *Forest Ecology and Management* 117(1-3): 43-52. Consultado 17 jun. 2020. Disponible en: doi: [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(98\)00470-8](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(98)00470-8)
- Banco Mundial. 2022. Perú: Informe sobre clima y desarrollo de los países. Consultado el 14 mar. 2023. Disponible en: <https://reliefweb.int/report/peru/peru-informe-sobre-clima-y-desarrollo-de-los-paises-3-de-noviembre-2022>
- Bambugigante.com. 2022. Parte conceptual del género Guadua. Consultado 22 de febrero del 2023. Disponible en: <https://bambugigante.com/guadua/#:~:text=Guadua%20es%20un%20género%20de%20plantas%20de%20la,altura%20final%20de%20entre%2020%20y%2030%20m.>
- Camargo, J. C; Chará, J; Giraldo, L; Chará-Serna, A; Pedraza, G. 2011. Beneficios de los corredores ribereños de *Guadua angustifolia* en la protección de ambientes acuáticos en la Ecorregión Cafetera de Colombia. 1. Efectos sobre propiedades del suelo. (en línea). *Recursos Naturales y Ambiente* 61: 53-59. Consultado 17 jun. 2020. Disponible en: <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/8442>
- Castaño, F. & Moreno, R.D. 2004. *Guadua para todos. Cultivo y Aprovechamiento*. Bogotá, GTZ. 188 p.
- CEPAL - SERIE Medio Ambiente y Desarrollo. Consultado 26 set. 2021. Disponible en: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/5628-mecanismo-desarrollo-limpio-actividades-uso-la-tierra-cambio-uso-foresteria>
- Chambers, J. Q., dos Santos, J., Ribeiro, R. J., Higuchi, N. 2001. Tree damage, allometric relationships, and above-ground net primary production in central Amazon forest (en línea). *Forest Ecology Management*, 152(1-3): 73–84. Consultado 15 jun. 2020. Disponible en: <http://ctfs.si.edu/Public/pdfs/chambersfem2.pdf>

- Chave, J., Réjou-Méchain, M., Búrquez, A., Chidumayo, E., Colgan, M. S., Delitti, W. B., Duque, A., Eid, T., Fearnside, P. M., Goodman, R. C., Henry, M., Martínez-Yrizar, A., Mugasha, W. A., Muller-Landau, H. C., Mencuccini, M., Nelson, B. W., Ngomanda, A., Nogueira, E. M., Ortiz-Malavassi, E., Pélissier, R., Ploton, P., Ryan, C. M., Saldarriaga, J. G. and Vieilledent, G. (2014). Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology*, 20: 3177- 3190. Consultado 14 jun. 2020. Disponible en: https://forestgeo.si.edu/sites/default/files/aboveground_biomass_protocol_accessible.pdf
- Chirinos, R. G. 2021. ¿Cuánto contamina el Perú y qué hace al respecto? *Moneda Medio Ambiente*, no. 188. Consultado 23 de agosto 2022. Disponible en: <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Revista-Moneda/moneda-188/moneda-188-12.pdf>
- Climate-Data.org. 2021. Moyobamba clima Perú (en línea, sitio web). Consultado 07 abr. 2021. Disponible en: <https://es.climate-data.org/america-del-sur/peru/sanmartin/moyobamba-4364/#climate-table>
- Climate-Data.org. 2021. Pucallpa clima Perú (en línea, sitio web). Consultado 07 abr. 2021. Disponible en: <https://es.climate-data.org/america-Disponible en: https://es.climate-data.org/america-del-sur/peru/ucayali/pucallpa-3340/#climate-table>
- Comisión Multisectorial Temporal. 2015. Hacia una estrategia nacional sobre bosques y cambio climático. Documento preliminar (en línea). Consultado 18 jun. 2020. Disponible en: <https://www.serfor.gob.pe/pdf/ENBCC%20-%20DOCUMENTO%20EN%20%20DOCUMENTO%20EN%20CONSULTA.pdf>
- Cottier, T; Aerni, P; Karapinar, B; Matteotti, S; Sépibus, J. de; Shingal, A. (2014). The Principle of Common Concern and Climate Change. *Archiv des Völkerrechts*,52(3): 293-324. Consultado 11 nov. 2020. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/273507418_The_Principle_of_Common_Concern_and_Climate_Change

- Cruz, H. 2009. Ensayo biomasa y atrapamiento de carbono en bambú Guadua (en línea). Bambú Guadua Premier. Consultado 30 mar. 2021. Disponible en:
<https://docplayer.es/16035718-Biomasa-y-atrapamiento-de-carbono-en-bambu-guadua.html>
- Cuadras, A. 1981. Métodos de análisis multivariante. 3 ed. Barcelona, España. Editorial Universitaria de Barcelona S. A. 642 p.
- Cummings, D.L; Kauffman, J.B; Perry, D.A; Hughes, R.F. 2002. Aboveground biomass and structure of rainforests in the southwestern Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management*. 163(1-3): 293–307. Consultado 14 jun. 2020. Disponible en:
[https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(01\)00587-4](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(01)00587-4)
- Das, D. K; Chaturvedi, O. P. 2006. Bambusa bamboos (L.) Voss plantation in Eastern India: I. Culm recruitment, dry matter dynamics and carbon flux. *Journal of Bamboo and Rattan* 5(1-2): 61-72. Consultado 30 mar. 2021. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/281104792_Bambusa_bambos_L_Voss_plantation_in_eastern_India_II_Nutrient_dynamics
- DatosMacro.com. 2022. Expansión. Perú: economía y demografía. Consultado 28 may. 2021. Disponible en: <https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/emisiones-co2/peru>
- Deras, J. 2003. Análisis de la cadena productiva del bambú en Costa Rica (en línea). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Consultado 14 jun 2021. Disponible en:
https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/4145/Analisis_de_la_cadena_productiva_del_bambu.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Díaz Cadavid, A. 2006. Diseño estadístico de experimentos (en línea). 2 ed. Antioquia, Colombia, Editorial Universidad de Antioquia. Consultado 30 mar. 2020. Disponible en:
https://www.academia.edu/42156483/Dise%C3%B1o_estad%C3%ADstico_de_experimentos_CamScanned_HQ_
- EcoAvant.com. (3 de noviembre de 2021). El cambio climático en el mundo en gráficos (en

línea, sitio web). Consultado 22 mar. 2022.

Disponible en:

https://www.ecoavant.com/medio-ambiente/cambio-climatico-en-mundo-en-graficos_7295_102.html

EcoAvant.com. (3 de noviembre de 2021). Las emisiones de gases de efecto invernadero en el mundo, en gráficos (en línea, sitio web). Consultado 22

mar. 2022. Disponible en:

https://www.ecoavant.com/contaminacion/copia-de-el-cambio-climatico-en-el-mundo-en-graficos_7310_102.html

Ecozap.es (2023). El papel de la energía biomasa en la producción de energía renovable. [https://ecozap.es/energias-renovables/el-papel-de-la-energia-biomasa-en-la-produccion-de-energia-renovable/#:~:text=La%20importancia%20de%20la%20biomasa%20como](https://ecozap.es/energias-renovables/el-papel-de-la-energia-biomasa-en-la-produccion-de-energia-renovable/#:~:text=La%20importancia%20de%20la%20biomasa%20como%20fuerza%20de,efecto%20invernadero%20que%20son%20responsables%20del%20cambio%20clim%C3%A1tico.)

[#:~:text=La%20importancia%20de%20la%20biomasa%20como%20fuerza%20de,efecto%20invernadero%20que%20son%20responsables%20del%20cambio%20clim%C3%A1tico.](https://ecozap.es/energias-renovables/el-papel-de-la-energia-biomasa-en-la-produccion-de-energia-renovable/#:~:text=La%20importancia%20de%20la%20biomasa%20como%20fuerza%20de,efecto%20invernadero%20que%20son%20responsables%20del%20cambio%20clim%C3%A1tico.)

Erazo Sánchez, H. 2019. Análisis estadístico de las propiedades mecánicas a tracción, flexión e impacto del material híbrido con fibra de vidrio y abacá en matriz polimérica de resina poliéster, para determinar la mejor configuración (en línea). Trabajo experimental Ing. Mecánico. Ambato, Ecuador. Universidad Técnica de Ambato. Consultado 14 jun. 2021. Disponible en:

<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/29639/1/Tesis%20I.%20M.%20513%20-%20Erazo%20S%C3%A1nchez%20Henry%20David.pdf>

FAO, ONU. (2002) Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra. Informes sobre recursos mundiales de suelos. Roma. Disponible en: <https://www.fao.org/3/Y2779S/y2779s00.htm>

Fonseca y Rojas M. 2016. Acumulación y predicción de biomasa y carbono en plantaciones de bambú en Costa Rica. (en línea) Ambiente y Desarrollo. 20(38): 85-98. Consultado 30 mar. 2021. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5420831.pdf>

- Fu, J. 2001. Chinese Moso bamboo: Its Importance (en línea). Bamboo The Magazine of the American Bamboo Society. 22(5): 5-7. Consultado 23 abr. 2021. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/228549480_Chinese_Moso_Bamboo_Its_importance
- García-Soria, D. & Del Castillo, D. 2013. Estimación del almacenamiento de carbono y estructura en bosques con presencia de bambú (*Guadua sarcocarpa*) de la comunidad nativa Bufe Pozo, Ucayali, Perú. (en línea). Folia Amazónica, 22 (1-2): 105-113. Consultado 30 mar. 2021. Disponible en: <https://revistas.iiap.gob.pe/index.php/foiaamazonica/article/view/53>
- García-Soria, D. 2021. Proyecto de investigación aplicada y desarrollo tecnológico 2018-01. Determinación del comportamiento a la propagación clonal, industrialización y captura de carbono de tres especies de bambú nativo en la amazonia peruana. Resultados del componente de carbono en tres especies de bambú nativo. S.E. E041-2018-01- BM. Iquitos, Perú. Instituto de Investigaciones de la Amazonía. 245 p.
- García-Soria, D; Honorio, E; Del Castillo, D. 2012. Determinación del stock de carbono en aguajales de la cuenca del río Aguaytía, Ucayali – Perú (en línea). Folia Amazónica. 21(1-2): 153-160. Consultado 30 mar. 2021. Disponible en: <https://revistas.iiap.gob.pe/index.php/foiaamazonica/article/view/43>
- García-Soria, D; Revilla-Chávez, J; Guerra-Arévalo, W; Rojas, K; Rodríguez, J; Del Castillo, D; Abanto-Rodríguez, C. 2022. Allometric equations to estimate carbon sequestration in *Guadua lynnclarkiae*, *Guadua weberbaueri* and *Guadua superba* in Peruvian Amazon (En prensa).
- Gavira Galvan, JM. 2011. El oceano como sumidero de carbono. Moleq̄la,

Revista de Ciencias de la Universidad Pablo de Olavide, (4): 47-49.
Consultada 14 jun. 2021. Disponible en:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3836404>

Giraldo, E., & Sabogal, A. 1999. Una alternativa sostenible: La guadua. Técnicas de cultivo y manejo. Quindío, Colombia. Ed. Corporación Autónoma Regional del Quindío. 192 p.

Gobierno Regional de San Martín – GORESAM. 2007. Zonificación Ecológica Económica de la Cuenca del Alto Mayo. Moyobamba, Perú. Consultado 30 jun. 2021. Disponible en:
https://terra.iiap.gob.pe/assets/files/meso/07_zee_altomayo/Propuesta_ZEE_Alto_Mayo_2007.pdf&cd=9&hl=es-419&ct=clnk&gl=pe

Gonzales, J. 2018. El cultivo del bambú (en línea, sitio web). Consultado 26 oct. 2019. Disponible en: https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivo-de-bambu/#Descargas_Cultivo_de_Bambu.

Gonzales Mora, H. 2005. Elaboración de una propuesta para el aprovechamiento y la transformación del bambú en el ámbito del PRODAPP (Puerto Inca - Oxapampa). Informe Final. Comisión Europea, para el PRODAPP. Lima, Perú. UNALM. 122 p.

Hair, J; Anderson, R; Tatham, R. 1999. Análisis multivariante. 5 ed. Madrid, España.

Prentice Hall. 814 p. Disponible en:
<https://fundacion-rrama.com/wp-content/uploads/2023/033226.-Analisis-multivariante-%E2%80%93-Hair-y-otros.pdf>

Hidalgo, O. (2003). Bamboo: The gift of the gods. Bogotá, Colombia. 553 p.

Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC. 2005. IPCC Special report. Carbon dioxide capture and storage (en línea). New York, NY, Cambridge University Press. Consultado 14 jun. 2021. Disponible en: <https://www.unep.org/resources/report/carbon-dioxide-capture-and-storage>

Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC. 2003. Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas para UTCUTS (en línea). Consultado 14 jun. 2021. Disponible en: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/GPG_Sp.pdf

Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC. 2007. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Equipo de redacción principal: Pachauri, RK; Reisinger, A. Ginebra, Suiza. 104 p.

Isagi, Y; Kawahara, T; Kamo, K; Ito, H. 1997. Net production and carbon cycling in a bamboo *Phyllostachys pubescens* stand. *Plant Ecology*, 130: 41–52. <https://doi.org/10.1023/A:1009711814070>

Jo, H; McPherson, E. 1995. Carbon storage and flux in urban residential greenspace. *Journal of Environmental Management*. 45(2): 109-33. <https://doi.org/10.1006/jema.1995.0062>

Kumar, B.M; Rajesh, G; Sudheesh, K.G. 2005. Aboveground biomass production and nutrient uptake of thorny bamboo [*Bambusa bambos* (L.) Voss] in the homegardens of Thrissur, Kerala. *Journal of Tropical Agriculture*, 43(1- 2): 51–56. Consultado 31may. 2021, Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/257553587_Aboveground_biomass_production_and_nutrient_uptake_of_thorny_bamboo_Bambusa_bambos_L_Voss_in_the_homegardens_of_Thrissur_Kerala

Londoño X. 2021. Diversidad de bambúes en los departamentos de Junín, Pasco y San Martín

- Perú: Guía Técnica (en línea). Organización Internacional del Bambú y Ratán (INBAR). Consultado 21 may. 2021. Disponible en:

<https://www.bambuturismo.com/wp-content/uploads/2022/03/Guia-Especies-de-Bambu-Amazonia-Peru.pdf>

Londoño, X. 2002. Distribución, morfología, taxonomía, anatomía, silvicultura y usos de los bambúes del nuevo mundo (en línea, sitio web). Consultado 21 ene. 2021. <http://www.maderinsa.com/guadua/taller.html>.

Londoño, X. 2010. Identificación taxonómica de los bambúes de la región noroccidental del Perú. Ministerio de Agricultura. Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre. PD428/6 Rev.2(F) (en línea, sitio web). Consultado 21 ene. 2021. Disponible en: http://www.itto.int/files/user/pdf/PROJECT_REPORTS/INFORMETAXONO MIABAMBU.pdf.

MacDicken, K. G. 1997. A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects. Arlington, VA, USA. Winrock International Institute for Agricultural Development. Consultado 14 jun. 2021. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/237434580_A_Guide_to_Monitoring_Carbon_Storage_in_Forestry_and_Agroforestry_Projects

Malleux, J. 2009. Promoción de la rehabilitación, manejo y uso sostenible de los bosques tropicales de bambú en la región noroccidental del Perú: Inventario de bosques de bambú en el ámbito del proyecto PD428/Rev.2(F) (en línea, sitio web). Consultado 21 may. 2020. Disponible en: http://www.itto.int/files/user/pdf/PROJECT_REPORTS/INVENTARIO%20DE%20BOSQUES%20DE%20BAMBU

- Manson, R.H; Hernández Ortíz, V; Gallina, S; Mehltreter, K. 2008. Agroecosistemas cafeteros de Veracruz: Biodiversidad, manejo y conservación (en línea). México:INECOL. Consultado 21 may. 2021. Disponible en: https://inecol.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1005/162/1/1245_2008-10121.pdf.
- Mapa Base del Centro de Conservación – Universidad Nacional Agraria La Molina. 2023. https://www.researchgate.net/figure/Figura-6-Distribucion-de-Zonas-Productoras-de-Bambu-en-el-Peru_fig6_357861845
- Martin, A.R.; Thomas, S.C. 2011. A reassessment of carbon content in tropical trees (en línea, sitio web). PloS ONE. 6, e23533. Consultado 30 jun. 2021. Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0023533>
- McHale, I; Burke, M; Lefsky, P; Mcpherson, G. 2009. Urban forest biomass estimate: is it important to use allometric relationships developed specifically for urban trees? (en línea, sitio web). Urban Ecosystem. 12: 95-113. Consultado 14 jun. 2021. Disponible en: <https://www.fs.usda.gov/research/treearch/36471#:~:text=Standardizing%20the%20methodology%20and%20implementing,relationships%20specifically%20for%20urban%20trees>.
- McPherson, E. 1998. Atmospheric Carbon Dioxide Reduction by Sacramento's Urban Forest (en línea, sitio web). Journal of Arboriculture. 24(4):215-23. Consultado 30 jun. 2021. Disponible en: https://www.fs.usda.gov/psw/publications/mcpherson/psw_1998_mcpherson003.pdf
- Ministerio de Agricultura - MINAG. 2008. Plan Nacional de Promoción del Bambú 2008- 2020 (en línea, sitio web). Consultado 30 mar. 2021. Disponible en: <https://www.serfor.gob.pe/portal/wp-content/uploads/2017/04/Plan%20Nacional%20del%20Bambu.pdf>
- Ministerio del Ambiente – MINAM. 2019. Inventario Nacional de GEI del año 2014 y actualización de las estimaciones de los años 2000, 2005, 2010 y 2012 (en línea,

sitio web). Viceministerio de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales. Lima, Perú. Consultado 30 mar. 2021. Disponible en: <https://infocarbono.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/09/INGEI-2014-PE-RU-MOD-ENER2020.pdf>

Montero, G; Ruiz, R; Muñoz, M. 2005. Producción de biomasa y fijación de carbono por parte de los bosques españoles (en línea). Consultado 21 may. 2021. Disponible en: <https://distritoforestal.es/biblioteca/selvicultura-y-pascicultura/produccion-de-biomasa-y-fijacion-de-co2-por-los-bosques-espanoles>

Montiel, M; Sánchez, E. 2006. Ultraestructura de bambúes del género *Dendrocalamus* (Poaceae: *Bambusoideae*) cultivados en Costa Rica (en línea). Revista de Biología Tropical. 54., Supl. 2. Consultado 31 may. 2021. Disponible en: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442006000500010

Mostacero, J; Gamarra, O; Mejía, F. 2002. Taxonomía de las fanerógamas útiles del Perú, vol. 1. Trujillo, Perú, CONCYTEC. 1323 p.

Móstiga Rodríguez, R; Cano Rodríguez, B; Quispe López, L; Móstiga Rodríguez, M. 2019. Análisis morfológico y molecular de especies de bambú del género *Guadua* (Poaceae: *Bambusoideae*) procedentes de las regiones San Martín y Cajamarca, Perú (en línea). Revista de Investigación y Agroproducción Sustentable. 3(1): 83-91. Consultado 18 jun. 2021. Disponible en: <https://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDESDOS/article/view/486/615>

Nascimento, H.E.M; Laurence, W.F. 2002. Total aboveground biomass in central Amazonian rainforest: a landscape-scale study. Forest Ecology and Management (en línea). 168: 311-321. Consultado 31 may. 2021. Disponible en: https://repository.si.edu/bitstream/handle/10088/1671/Nascimento_and_Laurance.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Nath, J.N; Das, A.K. 2008. Bamboo resources in the homegardens of Assam: A case study from Barak Valley (en línea). Journal of Tropical Agriculture 46 (1-2): 46-49.

- Consultado 18 jun. 2021. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Arun-Nath-3/publication/272829024_Bamboo_resources_in_the_homegarde
- National Agriculture Library - NAL. 2021. Agricultural Thesaurus and Glossary (en línea, sitio web). Consultado 30 mar. 2021. Disponible en: <https://agclass.nal.usda.gov/es>
- Nelson, D.W; Sommers, L.E. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. *En* Methods of soil analysis (D. Sparks, A. Page, P. Helmke, R. Loeppert, P.N. Soltanpour, M.A. Tabatabai, C.T. Johnston and M.E. Sumner, eds.). <https://doi.org/10.2136/sssabookser5.3.c34>
- New York Botanical Garden Steere Herbarium 2019. Detalles del espécimen: *Guadasuperba* Huber (en línea, sitio web). Consultado 11 nov. 2019. Disponible en: <http://sweetgum.nybg.org/science/vh/specimen-details/?irn=668101>.
- Núñez-Colín, C. 2018. Análisis de varianza no paramétrica: un punto de vista a favor para utilizarla (en línea). *Acta Agrícola y Pecuaria*. 4(3): 69-79. Consultado 11 nov. 2021. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6788415>
- ONU. 2022. Sexto informe de evaluación del IPCC: Cambio Climático 2022 (en línea, sitio web). Consultado 13 jul. 2021. Disponible en: <https://www.unep.org/es/resources/informe/sexta-informe-de-evaluacion-del-ipcc-cambio-climatico-2022>
- Ordoñez J. 1999. Captura de Carbono en un bosque templado: el caso de San Juan Nuevo, Michoacán. México (en línea). Instituto Nacional de Ecología. Consultado 30 mar. 2021. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/292788246_Captura_de_Carbono_en_un_Bosque_Templado_El_Caso
- Oreskes, N. 2004. The scientific consensus on climate change (en línea, sitio web). *Science*. 306(5702): 1686. Consultado 21 may. 2021. Disponible en: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1103618>

- Ortega, F.J; Villareal Artunduaga, J. 2014. Caracterización forestal y productiva de la guadua (*Guadua angustifolia* Kunth), en los municipios de Saladoblanco y Timana al sur del departamento del Huila (en línea). Pitalito: Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD. Consultado 13 may. 2021. Disponible en: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/93442/06_ESD_Cos_pp_35_81.pdf
- Pacheco, P; Cárdenas, C. 2022. ¿Qué es REDD+ Jurisdiccional? (en línea, sitio web). Consultado 14 jun. 2021. Disponible en: <https://www.gob.pe/33676-acceder-al-programa-jurisdiccional-redd-ucayali> Perutours.com. 2005. Viajes en lancha (en línea, sitio web). Consultado 17 jun. 2020. Disponible en: http://www.perutoptours.com/index15lo_botes_deslizadores_lanchas_03.html
- Phillips, O., Baker, T. 2016. RAINFOR - Manual de campo para el establecimiento y la remediación de parcelas (en línea, sitio web). Consultado 24 jun. 2021. Disponible en: https://forestplots.net/upload/es/recursos/RAINFOR_field_manual_ES.pdf
- POWO. 2019. *Guadua superba* Huber. Plantas del mundo en línea. Kew Science (en línea, sitio web). Consultado 11 nov. 2019. Disponible en: <http://powo.science.kew.org/taxon/113765-2#bibliography>.
- Revilla Chávez, J. M. 2019. Propagación clonal de tres especies de bambú. Semana Forestal y Semana de la Ciencia Tecnología y Ambiente. Pucallpa.
- Riaño, N; Londoño, X; López, Y; Gómez, J. 2002. Plant growth and biomass distribution on *Guadua angustifolia* Kunth in relation to ageing in Valle del Cauca – Colombia (en línea, sitio web). Bamboo Science and Culture: The Journal of the American Bamboo Society 16(1): 43-51. Consultado 13 nov. 2021. Disponible en: <http://www.maderinsa.com/guadua/fijacion.pdf>
- Rojas Quiroga, R.A. 2009. Estimación del potencial de almacenamiento de carbono de la *Guadua angustifolia* en el Parque Nacional Carrasco, del Departamento de Cochabamba, Bolivia (en línea, sitio web). Proyecto de Grado. La Paz, Bolivia. Universidad Nuestra Señora de La Paz. Consultado 11 nov. 2020. Disponible en: https://www.inesad.edu.bo/bcde2012/papers/45.%20Rojas_CarbonBamboo.pdf

- Rügnitz Tito, M; Chacón, M.L; Porro, R. 2009. Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales (en línea, sitio web). Lima, Perú. Centro Mundial Agroforestal (ICRAF) / Consorcio Iniciativa Amazónica (IA). Consultado 23 mar. 2020. Disponible en: http://www.aacidcf.org.co/Ponencias/2016/septiembre/MI120916-1/Ref.7.Guia_Carbono.pdf
- Ruiz, R. 2013. Modelos para la estimación del carbono en la biomasa de los sistemas forestales. Influencia de la selvicultura en los stocks de carbono (en línea). Tesis doctoral. Valladolid, Valencia, España. Universidad de Valencia. Consultado 26 set. 2021. Disponible en: <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/4437>
- Saldarriaga, J.G; West, D.C; Thrp, M.L; Uhl, C. 1988. Long-term chronossequence of forest succession in the upper Rio Negro of Colombia and Venezuela. *Journal of Ecology* 76(4): 938-958. Disponible en: <https://doi.org/10.2307/2260625>
- Salgado, L. 2004. El mecanismo de desarrollo limpio en actividades de uso de la tierra, cambio de uso y forestería (LULUCF) y su potencial en la región latinoamericana (en línea, sitio web). Santiago, Chile. División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos.
- Samaniego, J.F. 2022. El océano es una esponja de CO₂, pero, ¿cómo funciona este sumidero? (en línea, sitio web). Consultado 23 mar. 2022. Disponible en: <https://www.climatica.lamarea.com/oceano-sumidero-de-carbono-como-funciona>
- Sanquetta, C.R; Watzlawick, L.F; Arce, J.E; De Mello, A.A. 2001. Ecuaciones de biomasa aérea y subterránea en plantaciones de *Pinus taeda* en el sur del Estado de Paraná, Brasil (en línea). *Foresta Veracruzana*. 18(1): 25-32. Consultado 11 nov. 2020. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/497/49746888003/html/>
- Santamaría, J. 2010. Forzamiento radiativo y cambios químicos en la atmósfera (en línea, sitio web). *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 104(1):149-173. Consultado 24 jun. 2021. Disponible en: <https://rac.es/ficheros/doc/00914.pdf>
- Schneider, H; Samaniego, J. 2010. La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios. Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Disponible en: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3753/S2009834_es.pdf

Seber, G. 1984. Multivariate observations. New York. Wiley and Sons. 686 p

Segura, M; Andrade, H. 2008. ¿Cómo hacerlo? ¿Cómo construir modelos alométricos de volumen, biomasa o carbono de especies leñosas perennes? (en línea, sitio web). Agroforestería en las Américas. (46): 89-96. Consultado 23 jun. 2021. Disponible en: https://www.worldcocoafoundation.org/wp-content/uploads/files_mf/segura2008a.pdf

Sharma, B.D; Phuong, V.T; Swan,S.R. 2013. Generating forest biomass carbon stock estimates for mapping the potential of REDD+ to deliver biodiversity conservation in Vietnam (en línea, sitio web). Consultado 20 nov. 2020. Disponible en: https://a.storyblok.com/f/191310/4e77b50b74/carbon_stock_02-10-13.pdf

Silman, M.R; Ancaya, E.J; Brinson, J. 2003. Los bosques de bambú en la Amazonía occidental (en línea). *En: Alto Purús, Biodiversidad, Manejo y Conservación.* Consultado 19 mar. 2021. Disponible en: <http://users.wfu.edu/silmanmr/labpage/publications/silman2003.bambubosqe.pdf>

Takahashi, J; Ascencio, D. 2003. Inventario del bambú en el Perú: informe final; Contrato 01.2459.4-001.00/ PI 030/03 (en línea). Consultado 14 mar. 2021. Disponible en: <https://docplayer.es/19886963-Inventario-de-bambu-en-el-peru.html>

Torres, J; Guevara, A. 2007. El potencial de México para la producción de servicios ambientales: captura de carbono y desempeño hidráulico. Consultado 30 mar. 2021. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/539/53906303.pdf>

Tovar Serpa, O. 1993. Las Gramíneas (*Poaceae*) del Perú. Madrid, España (en línea, sitio web). Monografías del Real Jardín Botánico. 480 p. Consultado 23 may. 2021. Disponible en: <https://bibdigital.rjb.csic.es/records/item/1525858-las-gramineas-poaceae-del-peru?offset=1>

Walkley, A; Black, A. I. 1934. An examination of the Degtjoreff method for determination soil organic matter, and a proposed codification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37(1): 29-38. https://journals.lww.com/soilsci/citation/1934/01000/an_examination_of_the_degtjar_eff_method_for.3.aspx

Weng, W; Pataki, D. 2010. Spatial patterns of plant isotope tracers in the Los Angeles urban region. *Landscape Ecology*. 25(1): 35-52.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10980-009-9401-5>

VIII. ANEXOS

Anexo 1. fotografías



Foto 1. Equipo de trabajo abordando el bote para el bosque de *G. superba*.



Foto 2. Delimitación de la parcela de muestreo en bosques de *G. superba*.



Foto 3. Pesado de muestras de hojarasca en bosques de *G. superba*.



Foto 4. Mata de bambú de la especie *G. superba*.



Foto 5. Medición de circunferencia de *G. lynnclarkiae*.



Foto 6. Muestreo de suelos en bosques de *G. lynnclarkiae*.

Anexo 2. Datos de muestreo de suelo en relación a las especies de bambú.

(% de carbono).

Número Muestra			C	Número Muestra			C	Número Muestra - 8203			C
Lab	Claves	%		Lab	Claves	%		Lab	Claves	%	
								Ucayali - 3/12/21			
2856	PL1-Q 0-15	3.55	2871	PW1-Q 0-15	2.39	2841	PS1-Q 0-15	4.34			
2857	PL1-Q 15-30	1.08	2872	PW1-Q 15-30	0.79	2842	PS1-Q 15-30	0.52			
2858	PL1-Q 30-50	0.30	2873	PW1-Q 30-50	0.19	2843	PS1-Q 30-50	0.82			
2859	PL2-Q 0-15	2.09	2874	PW2-Q 0-15	0.64	2844	PS2-Q 0-15	2.39			
2860	PL2-Q 15-30	0.49	2875	PW2-Q 15-30	0.37	2845	PS2-Q 15-30	0.64			
2861	PL2-Q 30-50	0.60	2876	PW2-Q 30-50	0.64	2846	PS2-Q 30-50	0.45			
2862	PL3-Q 0-15	3.40	2877	PW3-Q 0-15	0.79	2847	PS3-Q 0-15	5.98			
2863	PL3-Q 15-30	1.79	2878	PW3-Q 15-30	0.60	2848	PS3-Q 15-30	1.50			
2864	PL3-Q 30-50	0.26	2879	PW3-Q 30-50	0.19	2849	PS3-Q 30-50	0.71			
2865	PL4-Q 0-15	3.33	2880	PW4-Q 0-15	1.46	2850	PS4-Q 0-15	6.80			
2866	PL4-Q 15-30	0.64	2881	PW4-Q 15-30	0.34	2851	PS4-Q 15-30	1.42			
2867	PL4-Q 30-50	0.15	2882	PW4-Q 30-50	0.34	2852	PS4-Q 30-50	1.50			
2868	PL5-Q 0-15	1.94	2883	PW5-Q 0-15	1.50	2853	PS5-Q 0-15	1.50			
2869	PL5-Q 15-30	1.01	2884	PW5-Q 15-30	0.97	2854	PS5-Q 15-30	0.90			
2870	PL5-Q 30-50	0.71	2885	PW5-Q 30-50	0.34	2855	PS5-Q 30-50	0.49			

Anexo 3. Análisis de variancia en DCA.

Prueba Paramétrica, para él % Carbono promedio de suelo en comparativo entre especies de Bambú.

Obs	TRAT	Porcentaje Carbono
1	PL	1.64
2	PL	1.06
3	PL	1.82
4	PL	1.37
5	PL	1.22
6	PW	1.12
7	PW	0.55
8	PW	0.53
9	PW	0.71
10	PW	0.94
11	PS	1.89
12	PS	1.16
13	PS	2.73
14	PS	3.24
15	PS	0.96

% C promedio - SUELO - comparSpBambu: DCA

The ANOVA Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
TRAT	3	PL PS PW

Number of Observations Read 15

Number of Observations Used 15

% C promedio - SUELO - comparSpBambu: DCA

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: PorcentajeCarbono

Source	Pr > F	DF	Sum of Squares	Mean Square	F
Model		2	3.76276000	1.88138000	
5.00	0.0263				
Error		12	4.51120000	0.37593333	
Corrected Total		14	8.27396000		

R-Square Coeff Var Root MSE PorcentajeCarbono Mean

Anexo 4. Pruebas de normalidad y homogeneidad variancias.

Análisis de las pruebas de Normalidad, y Homogeneidad Variancias con el DCA (prueba Paramétrica), respecto al % de Carbono promedio de Suelo en comparativo con las especies de Bambú.

Obs	trat	%carbono
1	PL	1.64
2	PL	1.06
3	PL	1.82
4	PL	1.37
5	PL	1.22
6	PW	1.12
7	PW	0.55
8	PW	0.53
9	PW	0.71
10	PW	0.94
11	PS	1.89
12	PS	1.16
13	PS	2.73
14	PS	3.24
15	PS	0.96

Porcentaje de carbono en suelo: entre 3 bambús

The UNIVARIATE Procedure

Variable: porcarbono

Moments

N	15	Sum Weights	15
Mean	1.396	Sum Observations	20.94
Std Deviation	0.76876339	Variance	0.59099714
Skewness	1.27387561	Kurtosis	1.33475726
Uncorrected SS	37.5062	Corrected SS	8.27396
Coeff Variation	55.0690104	Std Error Mean	0.19849385

Basic Statistical Measures

Location		Variability	
Mean	1.396000	Std Deviation	0.76876
Median	1.160000	Variance	0.59100
Mode	.	Range	2.71000
		Interquartile Range	0.88000

Tests for Location: $\mu_0=0$

Test	-Statistic-	-----p Value-----		
Student's t	t 7.032963	Pr > t	<.0001	
Sign	M 7.5	Pr >= M	<.0001	
Signed Rank	S 60	Pr >= S	<.0001	

Tests for Normality

Test	--Statistic---		-----p Value-----	
Shapiro-Wilk	W	0.88101	Pr < W	0.0491
Kolmogorov-Smirnov	D	0.190542	Pr > D	0.1467
Cramer-von Mises	W-Sq	0.107916	Pr > W-Sq	0.0829
Anderson-Darling	A-Sq	0.667401	Pr > A-Sq	0.0684 Hay Normalidad

porque el valor de la probabilidad de Anderson y Darling 0.0684 es mayor a 0.05.

Quantiles (Definition 5)

Quantile	Estimate
----------	----------

100% Max	3.24
99%	3.24
95%	3.24
90%	2.73
75% Q3	1.82
50% Median	1.16
25% Q1	0.94
10%	0.55

Porcentaje de carbono en suelo: entre 3 bambús

The UNIVARIATE Procedure
Variable: porcarbono

Quantiles (Definition 5)

Quantile	Estimate
5%	0.53
1%	0.53
0% Min	0.53

Extreme Observations

----Lowest----		----Highest---	
Value	Obs	Value	Obs
0.53	8	1.64	1
0.55	7	1.82	3
0.71	9	1.89	11
0.94	10	2.73	13
0.96	15	3.24	14

Porcentaje de carbono en suelo: entre 3 bambús

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
trat	3	PL PS PW

Number of Observations Read 15
 Number of Observations Used 15
 Porcentaje de carbono en suelo: entre 3 bambús

The GLM Procedure

Dependent Variable: porcarbono

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	3.76276000	1.88138000	5.00	0.0263
Error	12	4.51120000	0.37593333		
Corrected Total	14	8.27396000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	porcarbono Mean
0.454771	43.92078	0.613134	1.396000

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
trat	2	3.76276000	1.88138000	5.00	0.0263

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
trat	2	3.76276000	1.88138000	5.00	0.0263

Porcentaje de carbono en suelo: entre 3 bambús

The GLM Procedure

Bartlett's Test for Homogeneity of porcarbono Variance

Source	DF	Chi-Square	Pr > ChiSq
trat	2	7.8488	0.0198 No hay Homogeneidad de Variancias

POR TANTO NO SE CUMPLE para una prueba paramétrica, hay que analizar con la prueba de Kruskall Wallis de un test No paramétrico.

Porcentaje de carbono en suelo: entre 3 bambús

The GLM Procedure

Level of	-----porcarbono-----		
trat	N	Mean	Std Dev
PL	5	1.42200000	0.30841530
PS	5	1.99600000	0.98358020
PW	5	0.77000000	0.25544080

Porcentaje de carbono en suelo: entre 3 bambús

The GLM Procedure

Duncan's Multiple Range Test for porcarbono

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	12
Error Mean Square	0.375933

Number of Means	2	3
Critical Range	.8449	.8844

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	trat
A	1.9960	5	PS
A			
B A	1.4220	5	PL
B			
B	0.7700	5	PW

Porcentaje de carbono en suelo: entre 3 bambús

The GLM Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for porcarbono

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha 0.05
 Error Degrees of Freedom 12
 Error Mean Square 0.375933 Critical Value of Studentized Range 3.77278 Minimum Significant Difference 1.0345

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey

Grouping	Mean	N	trat
A	1.9960	5	PS
B A	1.4220	5	PL
B	0.7700	5	PW

Anexo 5. Prueba de Kruskal Wallis

The UNIVARIATE Procedure
Variable: % de carbono

Moments			
	N	5	Sum Weights
5	Mean	1.422	Sum Observations
7.11	Std Deviation	0.3084153	Variance
0.09512	Skewness	0.24974721	Kurtosis
-1.617911	Uncorrected SS	10.4909	Corrected SS
0.38048	Coeff Variation	21.68884	Std Error Mean
0.13792752			

Basic Statistical Measures

	Location	Variability
	Mean 1.422000	Std Deviation
0.30842	Median 1.370000	Variance
0.09512	Mode .	Range
0.76000		Interquartile Range
0.42000		

Tests for Location: Mu0=0

	Test	-Statistic-	-----p Value--
.....	Student's t	t 10.30976	Pr > t
0.0005	Sign	M 2.5	Pr >= M
0.0625	Signed Rank	S 7.5	Pr >= S
0.0625			

..... Value

T
e
s
t
s
f
o
r
N
o
r
m
a
l
i
t
y

Test

--
Statistic

p

0.8542	Shapiro-Wilk	W	0.966775	Pr < W
>0.1500	Kolmogorov-Smirnov	D	0.166946	Pr > D
>0.2500	Cramer-von Mises	W-Sq	0.027095	Pr > W-Sq
>0.2500	Anderson-Darling	A-Sq	0.180849	Pr > A-Sq

Quantiles (Definition 5)

Quantile	Estimate
100% Max	1.82
99%	1.82
95%	1.82
90%	1.82
75% Q3	1.64
50% Median	1.37

The UNIVARIATE Procedure
Variable: claypct

Quantiles (Definition 5)

Quantile	Estimate
25% Q1	1.22
10%	1.06
5%	1.06
1%	1.06
0% Min	1.06

Extreme Observations

----Lowest----		----Highest----	
Value	Obs	Value	Obs
1.06	2	1.06	2
1.22	5	1.22	5
1.37	4	1.37	4
1.64	1	1.64	1
1.82	3	1.82	3

Boxplot	Stem Leaf	#
	18 2	1
	17	

```

16 4 1
+-----+
15
|      |
14
|  +  |
13 7 1
*-----*
12 2 1
+-----+
11
|      |
10 6 1
|
|
+-----+
Multiply Stem.Leaf by 10**-1

```

The NPAR1WAY Procedure

Wilcoxon Scores (Rank Sums) for Variable

claypct

Classified by Variable location

Dev	Mean	Sum of	Expected	Std
-----	------	--------	----------	-----

H0	location Score	N	Scores	Under H0	Under
8.164966	PL 9.60	5	48.0	40.0	
8.164966	PW 3.40	5	17.0	40.0	
8.164966	PS 11.00	5	55.0	40.0	

Kruskal-Wallis Test

Chi-Square 8.1800
DF 2
Pr > Chi-Square 0.0167 * Si

hay diferencias significativas entre los tratamientos o entre las especies de Bambus relacionados al secuestro o contenido en % de carbono en suelos con presencia de bambús

Monte Carlo Estimate for the Exact Test

Pr >= Chi-Square
Estimate 0.0078
99% Lower Conf Limit 0.0055
99% Upper Conf Limit 0.0101

Number of Samples 10000
 Initial Seed 970560000
 The SAS System

09:24 Thursday, May 29, 2022 5

Obs	location	claypct
1	PL	11
2	PL	6
3	PL	12
4	PL	10
5	PL	9
6	PW	7
7	PW	2
8	PW	1
9	PW	3
10	PW	4
11	PS	13
12	PS	8
13	PS	14
14	PS	15
15	PS	5

The SAS System

09:24 Thursday, May 29, 2022 6

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
location	3	PL PS PW

Number of Observations Read 15
 Number of Observations Used 15

The SAS System

09:24 Thursday, May 29, 2022 7

The GLM Procedure

Dependent Variable: claypct Values of claypct Were Replaced by Ranks

Source	DF	Squares	Sum of Mean Square	F
Model	2	163.6000000	81.8000000	
8.43	0.0052			
Error	12	116.4000000	9.7000000	
Corrected Total	14	280.0000000		

R-Square Coeff Var Root MSE claypct Mean

	0.584286	38.93103	3.114482	8.000000	
Source			DF	Type I SS	Mean Square
Value	Pr > F				F
location			2	163.6000000	81.8000000
8.43	0.0052				
Source			DF	Type III SS	Mean Square
Value	Pr > F				F
location			2	163.6000000	81.8000000
8.43	0.0052				

The GLM Procedure
Least Squares Means
Adjustment for Multiple Comparisons:

Bonferroni		claypct	LSMEAN
	location	LSMEAN	Number
	PL	9.6000000	1
	PS	11.0000000	2
	PW	3.4000000	3

Least Squares Means for effect location
Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Dependent Variable: claypct

3

	i/j	1	2
0.0252	1		1.0000
0.0068	2	1.0000	
	3	0.0252	0.0068

La prueba de mínimos cuadrados, indica que la especie PS resultó con mayor % de carbono en el suelo estadísticamente respecto al PW, pero similar a PL; también, PL resultó mejor que PW.

	location	claypct LSMEAN	95% Confidence
Limits			
12.634735	PL	9.600000	6.565265
14.034735	PS	11.000000	7.965265
6.434735	PW	3.400000	0.365265

Least Squares Means for Effect location

		Difference		Simultaneous	
		Between		Confidence Limits	
95%		Means		LSMean (i) -	
for		i	j		
LSMean (j)					
		1	2	-1.400000	-6.874927
4.074927		1	3	6.200000	0.725073
11.674927		2	3	7.600000	2.125073
13.074927					

Anexo 6. Datos de las 15 parcelas.

Los resultados de las toneladas por hectárea (tC/ha) de carbono en reservorios (depósitos) en relación a las tres especies de Guaduas nativas, provenientes de 15 parcelas de las localidades en estudio.

Depositos	G. superba							G. lynclarkiae						G. weberbaueri					
	p1	p2	p3	p4	p5	prom	p1	p2	p3	p4	p5	prom	p1	p2	p3	p4	p5	prom	
3 sp bambú	0.79	1.54	2.62	3.29	4.17	2.48	10.66	14.95	14.95	2.36	29.90	14.56	2.54	1.77	0.96	0.90	1.3519	1.50	
Arbores con diámetros mayores de 10 cm	2.66	58.51	13.66	5.30	15.86	19.24	12.12	10.06	15.60	1.26	27.06	13.22	0.00	0.00	15.24	9.36	0.00	4.92	
Arbores con diámetros entre 5 a 9.9 cm	6.18	22.81	26.18	7.41	2.26	12.97	11.37	6.00	4.05	1.59	4.80	5.56	1.10	1.20	1.08	0.90	0.77	1.01	
Arbores con diámetros entre 1.5 a 4.9 cm	4.52	4.08	2.64	29.55	4.83	9.12	0.00	0.54	0.51	0.16	0.00	0.24	1.74	2.07	1.02	0.97	1.17	1.40	
Herbacea	8.63	14.62	6.35	3.07	2.75	7.08	0.77	0.83	0.93	1.85	0.70	1.02	0.54	0.54	0.76	0.45	0.42	0.54	
BIOMASA	21.99	100.02	48.82	45.52	25.70	48.41	24.26	17.42	21.09	4.86	32.55	20.04	3.37	3.81	18.09	11.69	2.36	7.86	
Arboles caídos	0.50	21.18	54.36	0.00	5.11	16.23	1.11	2.64	5.16	2.53	0.44	2.38	2.26	0.57	3.32	0.00	2.75	1.78	
Arboles muertos en pie y tocones	0.11	0.13	0.90	0.04	0.54	0.34	0.79	0.69	3.93	0.41	1.21	1.41	0.57	0.08	0.13	0.23	0.21	0.24	
Hojarasca	8.63	14.62	6.35	3.07	2.75	7.08	0.77	0.83	0.93	1.85	0.70	1.02	0.54	0.54	0.76	0.45	0.42	0.54	
NECROMASA	9.24	35.93	61.61	3.11	8.39	23.66	2.88	4.16	10.02	4.80	2.35	4.80	3.37	1.19	4.21	0.68	3.37	2.57	
0 - 15 cm	61.17	31.01	48.31	63.19	23.18	45.37	40.23	36.81	44.63	28.89	16.01	33.31	46.34	11.41	18.42	19.44	26.48	24.42	
15 - 30 cm	8.54	8.31	22.11	17.85	15.39	14.45	20.68	9.95	35.88	14.20	8.91	17.93	16.15	7.49	11.56	5.93	16.32	11.49	
30 - 50 cm	19.11	10.40	15.32	27.05	10.99	16.57	9.39	18.23	8.03	4.37	16.04	11.21	6.22	17.52	5.31	7.14	7.84	8.81	
CDS total	88.82	49.79	85.73	108.09	49.56	76.40	70.30	64.99	88.53	47.46	40.97	62.45	68.72	36.41	35.28	32.51	50.63	44.71	
Carbono total (tC/ha)	120.05	185.73	196.17	156.72	83.66	148.46	97.24	86.57	119.65	57.12	75.87	87.29	75.47	41.41	57.59	44.88	56.37	55.14	

Anexo 7. Prueba de Friedman.

Análisis de variancia con la prueba de Friedman (prueba No Paramétrica), para las toneladas de Carbono promedio del Reservorio en relación a las especies de Bambú nativo, evaluación previa de la Normalidad.

Prueba de Friedman: Reservorio en toneladas de carbono

The UNIVARIATE Procedure

Variable: ReservorioCarbono

Moments

N	42	Sum Weights	42
Mean	14.2928571	Sum Observations	600.3
Std Deviation	17.7489868	Variance	315.026533
Skewness	1.92826393	Kurtosis	3.61080806
Uncorrected SS	21496.09	Corrected SS	12916.0879
Coeff Variation	124.180817	Std Error Mean	2.73872812

Basic Statistical Measures

Location		Variability	
Mean	14.29286	Std Deviation	17.74899
Median	8.35000	Variance	315.02653
Mode	1.00000	Range	76.20000
		Interquartile Range	16.40000

Tests for Location: $\mu_0=0$

Test	-Statistic-	-----p Value-----	
Student's t	t 5.218794	Pr > t	<.0001
Sign	M 21	Pr >= M	<.0001
Signed Rank	S 451.5	Pr >= S	<.0001

Tests for Normality

Test	--Statistic--	-----p Value-----	
Shapiro-Wilk	W 0.758111	Pr < W	<0.0001
Kolmogorov-Smirnov	D 0.213595	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq 0.58314	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq 3.365565	Pr > A-Sq	<0.0050 No hay
Normalidad			

porque el valor de la probabilidad de Anderson y Darling 0.0050 es menor a 0.05.

Quantiles (Definition 5)

Quantile	Estimate
100% Max	76.40
99%	76.40
95%	48.40
90%	44.70
75% Q3	17.90
50% Median	8.35
25% Q1	1.50
10%	0.50

Prueba de Friedman: Reservorio en toneladas de carbono

The UNIVARIATE Procedure
Variable: reservC

Quantiles (Definition 5)

Quantile	Estimate
5%	0.30
1%	0.20
0% Min	0.20

Extreme Observations

----Lowest----		----Highest---	
Value	Obs	Value	Obs
0.2	36	44.7	42
0.2	18	45.4	11
0.3	8	48.4	6
0.5	37	62.5	28
0.5	33	76.4	14

Stem Leaf	#	Boxplot
7 6	1	*
7		
6		
6 2	1	0
5		
5		
4 558	3	0
4		
3		
3 3	1	

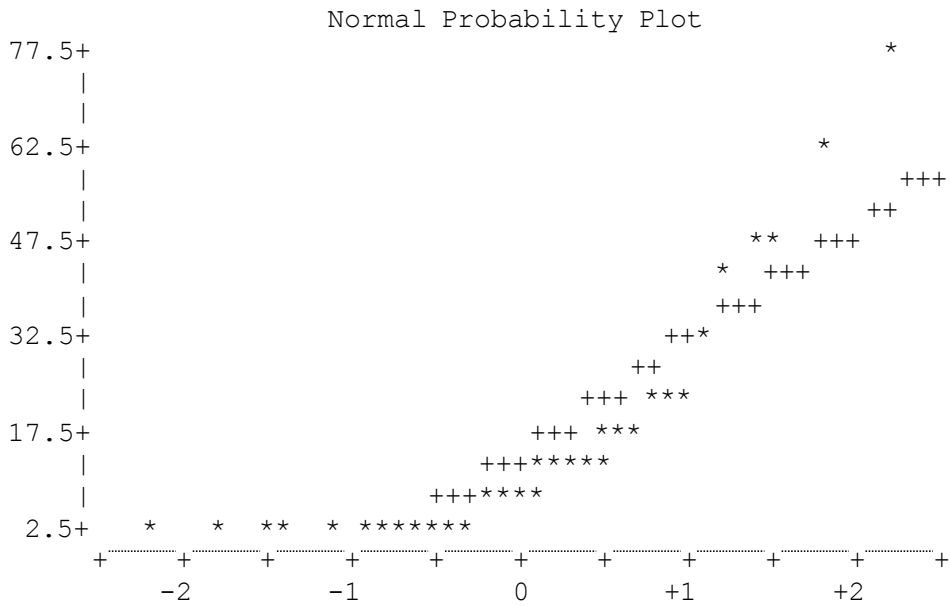
```

2
2 044          3      |
1 56789        5  +-----+
1 12334        5  |  +  |
0 55677899    8  *-----*
0 000001111122223 15 +-----+
.....+.....+.....+.....+
Multiply Stem.Leaf by 10**+1

```

Prueba de Friedman: Reservorio en toneladas de carbono

The UNIVARIATE Procedure
Variable: reservC



Prueba de Friedman: Reservorio en toneladas de carbono

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
guadua	3	1 2 3
bloque	14	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

Number of Observations Read 42
Number of Observations Used 42

Prueba de Friedman: Reservorio en toneladas de carbono

The GLM Procedure

Dependent Variable: rreservC Rank for Variable reservC

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr >
Model	15	21.00000000	1.40000000	5.20	0.0001
Error	26	7.00000000	0.26923077		
Corrected Total	41	28.00000000			
R-Square	Coeff Var	Root MSE	rreservC Mean		
0.750000	25.94373	0.518875	2.000000		

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr >
guadua	2	21.00000000	10.50000000	39.00	<.0001
bloque	13	0.00000000	0.00000000	0.00	1.0000

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr >
guadua	2	21.00000000	10.50000000	39.00	0.0001 **
bloque	13	0.00000000	0.00000000	0.00	1.0000 ns

Prueba de Friedman: Reservorio en toneladas de carbono

The GLM Procedure

t Tests (LSD) for rreservC

En relación a las especies nativas o guaduas: GS(*Guadua superba*), GS(*Guadua lynnclarkiae*), GS(*Guadua weberbaueri*).

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	26
Error Mean Square	0.269231
Critical Value of t	2.05553
Least Significant Difference	0.4031

Means with the same letter are not significantly different.

t

	Mean	N	guadua
A	2.7857	14	1
B	2.1429	14	2
C	1.0714	14	3

La prueba T (Tests LSD), indica que los depósitos de carbono en relación a la especie *Guadua superba* (GS) resultó mejor y en primer lugar en tC/ha estadísticamente; mientras que, en segundo y tercer lugar las especies GL y GW respectivamente.

Prueba de Friedman: Reservorio en toneladas de carbono

The GLM Procedure
Least Squares Means

guadua	rreservC LSMEAN	LSMEAN Number
1	2.78571429	1
2	2.14285714	2
3	1.07142857	3

Least Squares Means for effect guadua
Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Dependent Variable: rreservC

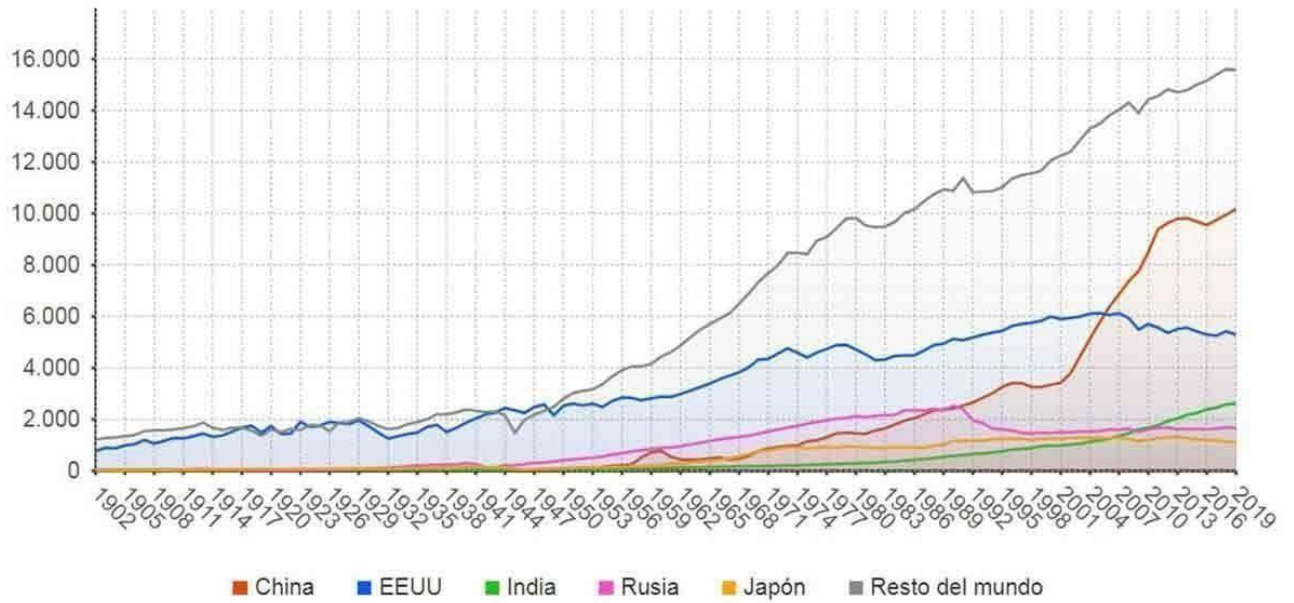
i/j	1	2	3
1		0.0030	<.0001
2	0.0030		<.0001
3	<.0001	<.0001	

Y la prueba de mínimos cuadrados, confirma a la prueba anterior, que la especie GS resultó mejor y en primer lugar en tC/ha estadísticamente, seguidos en segundo y tercer lugar las GL y GW respectivamente.

NOTE: To ensure overall protection level, only probabilities associated with pre-planned comparisons should be used.

Anexo 8. Gráficos de la contaminación en el mundo.

Toneladas de CO2 (Millones)



Fuente: Global Carbon Project, www.epdata.es